

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Ямшинський М.М.

«___» _____ 2018 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за спеціальністю 136 – Металургія

на тему: «Ливарний комплекс АТ "Полтавський турбомеханічний завод" з розробкою технології лиття»

Виконала студентка VI курсу, групи ФЛ-71мп

Дегерменджі Анастасія Всеволодівна _____

Керівник: д.т.н., проф. **Верховлюк А.М.** _____

Консультант з охорони праці та безпеки
в надзвичайних ситуаціях: доц., к.т.н., доц. **Зацарний В.В.** _____

Консультант з економічно-організаційної
частини: к.е.н., доц. **Глушенко Я.І.** _____

Консультант з нормоконтролю: доц., к.т.н., доц. **Федоров Г.Є.** _____

Рецензент: ст. викладач **Прилуцький М.І.** _____

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Київ – 2018 року

Для наукових робіт

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Інженерно-фізичний факультет
Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – **136 – Металургія**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М.М.Ямшинський

« ____ » _____ 2018 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студентки
Дегерменджі Анастасії Всеволодівни**

1. Тема дисертації «Підвищення властивостей хромоалюмінієвих сталей мікролегуванням і модифікуванням», науковий керівник дисертації Верховлюк А.М., д.т.н., професор, затверджені наказом по університету від « ____ » _____ 2018 р. № _____
2. Термін подання студентом дисертації – 14 грудня 2018 року
3. Об'єкт дослідження: жаростійкі сталі для роботи в екстремальних умовах та їх властивості
4. Предмет дослідження: ливарні та спеціальні властивості мікролегованих і модифікованих хромоалюмінієвих сталей
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - 5.1. Аналіз технічної літератури за темою дисертації.
 - 5.2. Методика дослідження.
 - 5.3. Результати досліджень процесів мікролегування та модифікування сталей.
 - 5.4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.
 - 5.5. Економічно-організаційна частина. Загальні висновки.
6. Орієнтовний перелік графічного матеріалу: Презентація (12 слайдів)
 - 6.1. **Перелік слайдів**
7. Орієнтовний перелік публікацій:
 - 7.1. (Назва публікації з повними реквізитами).
 - 7.2. (Назва публікації з повними реквізитами).

7.3. (Назва публікації з повними реквізитами).

8. Консультанти розділів дисертації^{1*}

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Зацарний В.В., доцент		
Економічно-організаційна частина	Глущенко Я.І., доцент		
Нормоконтроль	Федоров Г.Є., доцент		

9. Дата видачі завдання: – 03 вересня 2018 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів дисертації	Примітка
1	Переддипломна науково-дослідна практика. Аналіз результатів практики	03.09.18...28.10.18 р.	
2	Літературний огляд за темою дисертації	29.10.18...15.11.18 р.	
3	Розроблення та удосконалення методик дослідження	16.11.18...23.11.18 р.	
4	Виконання досліджень та оброблення одержаних результатів	24.11.18...03.12.18 р.	
5	Виконання графічної частини дисертації	25.11.18...08.12.18 р.	
7	Виконання завдання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	09.12.18...11.12.18 р.	
8	Виконання економічно-організаційної частини	09.12.18...13.12.18 р.	
9	Оформлення магістерської дисертації	01.12.18...14.12.18 р.	
10	Рецензування магістерської дисертації	14.12.18...17.12.18 р.	
11	Захист магістерської дисертації	18.12.18 р	

Студент

О.В.Прудкий

Науковий керівник дисертації

Г.Є.Федоров

^{1*} Якщо визначені консультанти. Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

**Інженерно-фізичний факультет
Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – **136 – Металургія**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М.М.Ямшинський

_____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студентки

Дегерменджі Анастасії Всеволодівни

1. Тема дисертації «Ливарний комплекс АТ”Полтавський турбомеханічний завод” з розробкою технологій лиття», науковий керівник дисертації Верховлюк А.М., д.т.н., професор, затверджені наказом по університету від 09 листопада 2018 р. №4127
2. Термін подання студентом дисертації – 14 грудня 2018 року
3. Об’єкт дослідження: ливарний комплекс та технологічні процеси виробництва виливків різної маси із різних сплавів
4. Вихідні дані: 4.1. Матеріали переддипломної виробничої практики. 4.2. Література за темою дисертації. 4.3. Потужність ливарного комплексу 10000 т придатних виливків за рік. 4.4. Номенклатура виливків ливарного цеху масою до 100 кг – 50 найменувань.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
5.1.Аналіз виробничої програми цеху; 5.2. Проектування технологічних відділень ливарного цеху. 5.3. Технологічна частина. 5.4. Спеціальна частина. 5.5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5.6. Економічно-організаційна частина. Загальні висновки.

6. Орієнтовний перелік графічного матеріалу:

6.1. План цеху. 6.2. Розріз цеху. 6.3. Технологія ливарної форми основного виливка (3 аркуші). 6.4. Технологія ливарної форми другого виливка (1 аркуш). 6.5. Загальний вигляд та окремих вузол технологічного устаткування (2 аркуші). 6.6. Порівняльні техніко-економічні показники. 6.7. Стартап.

7. Орієнтовний перелік публікацій:

1. (Назва публікації з повними реквізитами).

8. Консультанти розділів дисертації^{2*}

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Зацарний В.В., доцент		
Економічно-організаційна частина	Глущенко Я.І., доцент		
Нормоконтроль	Федоров Г.Є., доцент		

9. Дата видачі завдання: – 03 вересня 2018 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів дисертації	Примітка
1	Переддипломна науково-виробнича практика. Аналіз результатів практики	03.09.18...28.10.18 р.	
2	Аналіз виробничої програми	29.10.18...03.11.18 р.	
3	Проектування основних і допоміжних виробничих відділень і дільниць	04.11.18...15.11.18 р.	
4	Розроблення технологічної частини роботи	16.11.18...19.11.18 р.	
5	Розроблення спеціальної частини роботи	20.11.18...25.11.18 р.	
6	Виконання графічної частини дисертації	26.11.18...08.12.18 р.	
7	Виконання завдання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	09.12.18...11.12.18 р.	
8	Виконання економічно-організаційної частини	09.12.18...13.12.18 р.	
9	Оформлення магістерської дисертації	01.12.18...14.12.18 р.	
10	Рецензування магістерської дисертації	14.12.18...17.12.18 р.	
11	Захист магістерської дисертації	20.12.18 р	

Студент
Науковий керівник дисертації

А.В.Дегерменджі
А.М.Верховлюк

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: стор.; рис.; табл.; посилань, 1 додаток.

Об'єкт проектування – чавуноливарний цех з розробленням технологічних процесів виготовлення виливків різної маси литтям у разові піщано-ноглинясті форми.

Метою проекту є визначення технологічних параметрів та складання опису виробництва виливка; розроблення і обґрунтування етапів приготування рідкого сплаву; технологічне планування і проектування ливарного цеху.

Розроблений технологічний процес виготовлення конкретного виливка може бути рекомендований як типовий при виробництві чавуних виливків середньої складності в умовах дрібносерійного і великосерійного виробництва.

Попередніми розрахунками економічних показників прийнятих проектних рішень встановлено економічну доцільність використання запропонованих процесів.

Розроблено організаційну схему роботи ливарного цеху та заходи, спрямовані на усунення небезпечних та шкідливих чинників.

ВИЛИВОК, СТРИЖЕНЬ, ЧАВУН, ФОРМА ПІЩАНО-ГЛИНЯСТА, ОПОКА, ЯЩИК СТРИЖНЕВИЙ, ПІЧ ПЛАВИЛЬНА, ЦЕХ ЛИВАРНИЙ, ФОРМУВАЛЬНА МАШИНА, ПРОЦЕС ТЕХНОЛОГІЧНИЙ, СУМІЩ, СОБІВАРТІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

					ФЛ71мп.7103.1110.000			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ			
Розроб.	Дегерменджі А.В.							
Перевір.								
Н. Контр.								
Затверд.					НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФФ			

ABSTRACT

Graduation project: p. Fig.; tabl .; links, 1 application.

The object of designing is a cast-iron shop with the development of technological processes for the production of castings of different masses by casting in one-time sandy-absorbent forms.

The purpose of the project is to determine the technological parameters and to prepare a description of the production of casting; development and substantiation of stages of preparation of a liquid alloy; technological planning and design of foundry workshop.

The developed technological process of manufacturing a concrete vial can be recommended as a typical one in the production of cast iron vibrations of medium complexity in conditions of small-series and large-scale production.

The preliminary calculations of economic indicators of the adopted project decisions have established the economic feasibility of using the proposed processes.

The organizational scheme of the foundry works and measures aimed at elimination of dangerous and harmful factors have been developed.

PULLEY, ROLLERS, CHAVOUN, PUSHCHENE-GLYNYSTA FORM, PROFESSIONAL, STRUCTURE BOILER, BOILER FLOATING, CLEANING FILM, FORMING MACHINE, TECHNOLOGICAL PROCESS, SUMISH, SOBIVASTNYY PRODUKTS

					ФЛ71мп.7103.1110.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Дегерменджі А.В.						
Перевір.							
Н. Контр.							
Затверд.							
ABSTRACT					Літ.	Арк.	Акрушів
					НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФФ		

Пояснювальна записка до магістерської дисертації

на тему: «Ливарний комплекс заводу компресорного машинобудування з розробкою технології виготовлення виливків із залізовуглецевих сплавів»

Київ – 2018 року

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗА- ВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТА- ЦІЇ

Завданням даної магістерської дисертації є проектування та організація роботи ливарного цеху АТ “ПТМЗ”, розроблення технологічного процесу виготовлення виливків «Основа» масою 21,8 кг із чавуну марки СЧ15 та «Корпус редуктора» масою 8,1 кг із чавуну марки ВЧ 600-2, проектування ливарного устаткування, розроблення розділів з організації та економіки виробництва, охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, стартапу, яке має виконувати наступні завдання та задовольняти вимогам:

- для проектування ливарного цеху використовувати номенклатуру виливків, яка наведена в табл. 1.1;
- потужність відділення що проектується складає 13250 т придатних виливків на рік;
- максимально автоматизація і механізація технологічних процесів та окремих операцій;
- місце розташування цеху м. Полтава;

Основні джерела забезпечення роботи ливарного цеху:

- металічні матеріали – металобази;
- вода – міське постачання;
- електроенергія – ТЕС, ГЕС, ТЕЦ;
- тепло і газ – місцева мережа газу;
- для очищення та скидання стічних вод – замкнена система водопостачання і загальна міська каналізація.

					ФЛ71МП.7103.1110.00ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Дегерменджі А.В.			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТА ЗАВДАННЯ НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.		Сиропаршинєв Л.М.						
Н.контр.		Федоров Г.Е.				ІФФ, ФЛ-71МП		
Затверд.								

РЕФЕРАТ

Обсяг магістерської дисертації: 160 сторінок, 14 рисунків, 51 таблиця, 11 креслень, 1 додаток, 25 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Мета магістерської дисертації – розробка технологічного процесу виготовлення виливків “Форсунка евольвентна” та “Гвинт” та організація роботи ливарного цеху Дунаєвецького ливарно-механічного заводу, який здатен забезпечити випуск 840 тон придатних виливків на рік.

Об'єкт проектування – технологічний процес виготовлення виливка з чавуну марки СЧ20 «Форсунка евольвентна» масою 11,5 кг литтям у разові об'ємні піщано-глинясті форми та вивиливка зі сталі марки 40ХЛ «Гвинт» масою 3,39 кг литтям у моделі, що газифікуються.

Галузь використання – машинобудування, авіабудування тощо.

У магістерській дисертації також проведено основні розрахунки організаційно-економічних чинників та приділено увагу захисту навколишнього середовища та покращенню санітарно-гігієнічних умов робочого місця за рахунок використання останніх досягнень у галузі охорони праці.

ВИЛИВОК, ЧАВУН, ПІЩАНО-ГЛИНИСТА ФОРМА, ПЛИТА МОДЕЛЬНА, СУМІШ ФОРМУВАЛЬНА, ЛИВАРНИЙ ЦЕХ, СТАЛЬ, МОДЕЛІ ЩО ГАЗИФІКУЮТЬСЯ, ІНЕРЦІЙНА РЕШІТКА.

					ФЛ71МП.71МП11.1110.000ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Савощенко Г.В.						7	160
Перев.	Ямшинський							
Н.контр.	Федоров Г.Е.							
Затверд.						ІФФ, ФЛ-71МП		

ABSTRACT

Volume of the dissertation: pages, drawings, a table, drawings, an appendix, bibliographic titles in the list of references.

The purpose of the thesis is to develop the technological process of making castings "Spray-drawing" and "Vint" and to organize the work of the foundry workshop of the Dunaevetsky Foundry-Mechanical Plant, which is capable of producing 840 tons of suitable castings per year.

The object of the design is the technological process of manufacturing castings made of cast iron of grade CЧ20 «Spray-drawing» with a weight of 11,5 kg by casting in one-time volumetric sand-clay molds, and a twisting of 40XL steel «Vint» with a weight of 3,39 kg casting in a model, which gasifies.

The field of use is mechanical engineering, aircraft engineering, and the like.

The dissertation also provides basic calculations of organizational and economic factors and focuses on the protection of the environment and the improvement of the sanitary and hygienic conditions of the workplace through the use of recent advances in the field of occupational safety.

CASTING, CAST IRON, SAND FORM, PLATE MODEL, SUMMER FORMING, FINE PIPE, STEEL, MODELS WHICH GAS, INVERTEBRATE.

					ФЛ71МП.71МП11.1110.000ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ABSTRACT	Літера	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Савощенко Г.В.						8	160
Перев.	Яминський							
Н.контр.	Федоров Г.Е.							
Затверд.						ІФФ, ФЛ-71МП		

ЗМІСТ

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

ВСТУП.....	
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ	
1.1 Номенклатура виливків ливарного цеху.....	
1.2 Аналіз виробничої програми	
1.3 Класифікація ливарного цеху.....	
2 РЕЖИМ РОБОТИ ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ	
3 РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ.....	
3.1 Розрахунок плавильне відділення.....	
3.1.1 Річна потреба шихти.....	
3.2 Формувально-складально-заливально-вибивальне відділення.....	
3.3 Розраховування стрижневого відділення.....	
3.4 Розраховування сумішоприготувального відділення.....	
3.5 Відділення фінішних операцій.....	
4 ЕНЕРГЕТИЧНА ЧАСТИНА	
5 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	
5.1 Архітектурна частина.....	
5.2 Будівельні конструкції.....	
6 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКІВ	

					ФЛ71.7112.1110.000ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Дегерменджі				ЗМІСТ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.	Сиропоринсв Л.М.							160
Н.контр.	Федоров Г.С.					ІФФ, ФЛ-71МП		
Затверд.								

6.1	Технологія виготовлення деталі «Основа»
6.2	Розроблення технології виготовлення деталі «Корпус редуктора».....
7	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....
7.1	Призначення машини 234МДА та межі її використання.....
7.2	Принцип роботи машини.....
7.3	Розрахунок основних технологічних та конструктивних параметрів машини.....
8	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....
8.1	Заходи щодо запобігання непередбачених викідів.....
8.2	Аналіз мікроклімату.....
8.3	Розрахунок освітлення.....
8.4	Випромінювання.....
8.5	Джерела шуму.....
8.6	Загазованість та запилення.....
8.7	Електробезпека.....
8.8	Протипожежна безпека.....
8.9	Захист навколишнього середовища.....
8.10	Забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.....
9	ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....
9.1	Визначення обсягів капітальних вкладень в цех, що проектується.....
9.2	Організаційни розділ
9.3	Бізнес проект
	ВИСНОВКИ.....
	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....
	ДОДАТКИ.....

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИ-
НИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ПГС- піщано-глиняста суміш;
ХТС – холоднотвердіюча суміш;
Н – ньютон, с – секунда;
мм – міліметр;

		см – сантиметр;			ФЛ71МП.71МП11.1110.000ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	ХВ	Хвилина;			ПЕРЕ- ЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИ- МВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.	Ямшинський						12	160
Н.контр.	Федоров Г.С					ІФФ, ФЛ-71МП		
Затверд.								

год. – година;

° – градус;

L – довжина;

B – ширина;

H – висота;

Hр – розрахунковий металостатичний напір;

Qв – маса виливка;

Qд – маса деталі;

P – підймальна сила;

τ – тривалість заливання форми;

δ – переважаюча товщина стінки виливка;

ДСТУ – Державний стандарт України;

ГОСТ – Міждержавний стандарт, мова російська.

ВСТУП

На даний момент в більшості розвинених країн ливарне виробництво є одним із найважливіших галузей економіки. Воно є основою заготівельної бази машинобудування.

На сьогоднішній день річний обсяг виробництва виливків в світі пере-

	вищує 80 мільйонів тонн. Маса литих деталей в машинах складає в середньому від 10 до 80 % її вартість і трудомісткість їх виготовлення – приблизно 25 % всіх витрат на виріб.				ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ		
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	ФЛ71МП.71МП11.1110.000ПЗ		
Розроб.	Саворський Б.				Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.	Ямшинський					12	160
Н.контр.	Федоров Г.Є				ІФФ, ФЛ-71МП		
Затверд.							

Завдання даної дисертації – ливарний комплекс «Дунаєвецький ливарний завод» з розробленням технологій лиття».

При виконанні дисертації розроблені питання вибору оптимальних технологічних процесів, високопродуктивного устаткування, розміщення устаткування і транспортних засобів з виключенням перетинання вантажопотоків, а також покращення умов праці в цеху, організації і економіки виробництва.

					ФЛ71МП.71МП11.1110.000ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Савощенко Г.				ВСТУП	Літера	Аркуш	Аркушів
Перев.	Ямшинський						13	160
Н.контр.	Федоров Г.Є					ІФФ, ФЛ-71МП		
Затверд.								

ВСТУП

Ливарне виробництво, як технологічний процес виготовлення литих фасонних деталей і заготовок найрізноманітнішого виду, маси, габаритних розмірів і призначення шляхом заповненням розплавленим металом разового й багаторазового застосування форм, дає можливість технічно й економічно вигідно одержувати безпосередньо з рідкого металу як фасонні заготовки, так і готові вироби.ппп

Перші литі вироби виготовлені ще в 3...2 тисячолітті до н. е. спочатку з бронзи, пізніше з чавуну. Значний розвиток литво з чавуну отримало приблизно з XIII-XIV ст. Сталеві виливки почали виготовляти в XIX ст., литі деталі з алюмінієвих і магнієвих сплавів – з початку XX століття. У теперішній час у ливарному виробництві для виготовлення виливків використовують багато різних сплавів і способів лиття.

Значення ливарного виробництва виключно велике. Немає жодної галузі машинобудування й приладобудування або інших галузей, як-то металургія, енергетика тощо, де б не використовували литі деталі. У машинобудуванні маса литих деталей складає біля 50% маси машин і механізмів, у верстатобудуванні – біля 80%, в тракторобудуванні – біля 60%. Це пояснюється рядом переваг ливарного виробництва в порівнянні з іншими способами виготовлення заготовок або готових виробів. Литтям виготовляють деталі як прості, так і дуже складної геометричної форми, які неможливо або дуже складно виготовити іншими способами. У багатьох випадках це найпростіший і найдешевший спосіб виробництва виробів. Маса литих деталей коливається від декількох грамів до декількох сотень тонн. Деякі спеціальні способи лиття дають можливість виготовляти виливки з високою чистотою поверхні та точністю розмірів, що суттєво зменшує або виключає зовсім їх подальше

					ФЛ71мп.7103.1110.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВСТУП		
Розроб.	Дегерменджі А.В.						
Перевір.							
Н. Контр.							
Затверд.					НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФФ		

механічне оброблення. Крім традиційних ливарних сплавів – чавуну, сталі, бронзи – все ширше використовують методи лиття для виготовлення виробів з неіржавкої та жароміцної сталей, магнітних та інших сплавів з особливими фізичними властивостями.

Широкому розвитку ливарного виробництва сприяє вдосконалення існуючих і поява нових способів лиття, неупинно зростаючий рівень механізації та автоматизації технологічних процесів, спеціалізація й централізація виробництва.

Розвиток ливарного виробництва створив умови для підвищення наукового рівня проектування, як литих деталей, так і ливарних цехів і нових технологій. Розроблена класифікація головних напрямків спеціалізації ливарного виробництва передбачає для різних груп виливків спеціалізацію за родом сплаву, спільністю технологічних процесів, номенклатурою виливків, потужністю вантажопідйомних пристроїв тощо. На основі цієї класифікації в практику проектування ливарних цехів упроваджено комплексний типовий метод. Сутність методу полягає в розробленні ряду ливарних цехів оптимальних типових потужностей ливарних цехів, що відповідають головним чином, напрямкам спеціалізації та відповідним типовим проектам.

За наявності таких типових проектів будівництво відповідного ливарного цеху зводиться до прив'язки будівлі на плані заводу. Проектування заводів здійснюється набором типових спеціалізованих цехів. Крім того, розроблено типові проекти основних відділень і діляниць ливарних цехів з комплектом устаткування, типовою технологією та організацією виробництва.

Особливо важливою та принципово новою є спеціалізація дрібносерійного виробництва, заснована на застосуванні потокових (точних) методів виготовлення виливків, з використанням швидкозмінної оснастки.

Розвиток спеціалізації робить прогресивнішою загальну структуру ливарного виробництва й збільшує середній масштаб цехів з однорідними технологічними процесами. Підвищення потужностей цехів і випуску виливків можна досягти внаслідок будівництва ливарних заводів.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ливарний цех, що проектується потужність 13250 тонн придатного литва за рік призначений для виробництва виливків, які використовують у різних галузях машинобудування. Проект цеху передбачає технічне переозброєння існуючого цеху без зміни будівлі. Максимальна маса виливків – 4486 кг. Мета технічного переозброєння ливарного цеху – створення ефективного виробництва для виготовлення точних виливків у широкому діапазоні розмірів і мас на базі прогресивного технологічного процесу лиття в піщано-глинясті форми на існуючих площах з покращанням санітарно-гігієнічних умов праці та дотриманням вимог щодо екології навколишнього середовища.

Вихідними даними для технічного переозброєння ливарного цеху є:

- виробнича програма;
- основні показники та норми аналогічного цеху;
- кресленики та технологічні норми на виробництво виливків, які входять у програму;
- відомість устаткування ливарного цеху, який існує;
- нормативні матеріали з проектування ливарних цехів провідними проектними організаціями;
- досвід роботи ливарних цехів передових підприємств;
- література з питань ливарного виробництва.

Під час виконання технічного переозброєння цеху мають бути розроблені питання оптимального вибору технологічних процесів, високопродуктивного сучасного устаткування та його розміщення устаткування, та необхідних транспортних засобів тощо, з одночасним покращанням умов праці в цеху.

За характером виробництва цех відноситься до серійного виробництва з номенклатурою, що не перевищує на даний час 50 найменувань. У цеху виготовляють виливки з сірого чавуну марок СЧ 15, СЧ 20 та ВЧ600-2.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ

1.1 Номенклатура виливків ливарного цеху

Цех, що проектується, відноситься до ливарних цехів з дрібносерійним і великосерійним характером. Маса виливків – від 1,3 кг до 4486 кг. Номенклатуру виливків наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Номенклатура виливків ливарного цеху

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал виливка	Маса виливка, кг	Кількість деталей на один виріб, шт	Габаритні розміри виливка, мм			Режим термічного оброблення
						довжина	ширина	висота	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1996.01	Вал колінчастий	ВЧ600-2	230	1	690	460	521	Високий відпуск -730°C
2	1996.02	Корпус редуктора	СЧ15	30,7	1	302	287	250	
3	1996.03	Корпус	СЧ20	59,7	1	565	48	340	
4	1996.04	Кришка	СЧ20	21,7	1	444	402	55	
5	1996.05	Корпус	СЧ20	113,7	1	724	525	223	
6	1996.06	Піддон	СЧ20	16,3	1	310	220	205	
7	1996.07	Корпус муфти	СЧ15	67	1	Ø566		291	
8	1996.08	Корпус муфти	СЧ15	69,6	1	Ø578		300	
9	1996.09	Корпус коробки передач	СЧ20	129,5	1	582	450	437	
10	1996.10	Картер задній	СЧ15	61,3	1	503	398	401	
11	1996.11	Корпус гідропланет	СЧ15	95,8	1	649	427	364	
12	1996.12	Картер бортової передачі	СЧ20	35,7	1	427	390	325	

					ФЛ71мп.7103.1110.000				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.		Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.	Дегерменджі А.В.								
Перевір.									
Н. Контр.							НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського»,		
Затверд.							ФФ		

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
13	1996.13	Маховик	СЧ20	52,5	1	Ø364		495	Високий відпуск -730°C
14	1996.14	Стакан підчіпника	СЧ20	5,6	1	Ø142		98	
15	1996.15	Корпус підчіпника	СЧ20	243,6	1	900	368	400	
16	1996.16	Кришка	СЧ20	11,3	1	210	150	108	
17	1996.17	Корпус правий	СЧ20	14,2	1	246	202	196	
18	1996.18	Корпус опори	СЧ15	10,0	1	181	182	148	
19	1996.19	Кришка	СЧ15	11,8	1	249	223	105	
20	1996.20	Ламель	СЧ20	11,2	1	Ø240		69	
21	1996.21	Кришка сапуна	СЧ15	1,3	1	Ø110		22	
22	1996.22	Кришка	СЧ20	3,2	1	Ø185		42	
23	1996.23	Корпус компресора	СЧ20	6,8	1	256	175	165	
24	1996.24	Опора	СЧ20	5,9	1	160	148	162	
25	1996.25	Циліндр	СЧ20	5,4	1	140	115	139	
26	1996.26	Корпус коробки клапанів	СЧ20	3,2	1	115	110	61	
27	1996.27	Опора	СЧ20	3,8	1	162	165	92	
28	1996.28	Діафрагма 1	СЧ20	1965,0	1	Ø1930		240	
29	1996.29	Діафрагма 2	СЧ20	845,0	1	Ø1500		156	
30	1996.30	Діафрагма 3	СЧ20	1457,0	1	Ø1721		217	
31	1996.31	Діафрагма 4	СЧ20	1715,0	1	Ø1941		253	
32	1996.32	Діафрагма 5	СЧ20	3680,0	1	Ø2355		350	

					ФЛ71мп.7103.1110.000				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
33	1996.33	Діафрагма 6	СЧ20	3360,0	1	Ø2639		269	Високий відпуск -730°C
34	1996.34	Діафрагма 7	СЧ20	694,0	1	Ø1350		90	
35	1996.35	Діафрагма 8	СЧ20	729,0	1	Ø1456		108	
36	1996.36	Діафрагма 9	СЧ20	3872,0	1	Ø2380		375	
37	1996.37	Діафрагма 10	СЧ20	4486,0	1	Ø2640		270	
38	1996.38	Корпус камери	СЧ20	214,0	1	912	519	261	
39	1996.39	Корпус низу	СЧ20	146,0	1	675	405	455	
40	1996.40	Корпус верху	СЧ20	48,5	1	675	305	290	
41	1996.41	Корпус	СЧ15	31,5	1	463	381	240	
42	1996.42	Щит	СЧ20	2,4	1	150	80	35	
43	1996.43	Держак правий	СЧ20	11,2	1	450	88	40	
44	1996.44	Держак лівий	СЧ20	11,4	1	450	80	54	
45	1996.45	Колесо	СЧ20	40,0	1	Ø556		150	
46	1996.46	Блок відвідний	СЧ20	45,2	1	620	420	120	
47	1996.47	Шків	СЧ20	70,8	1	Ø650		250	
48	1996.48	Шкив канатоведучий	СЧ20	73,2	1	Ø600		300	
49	1996.49	Держак лівий	СЧ20	18,0	1	505	100	90	
50	1996.50	Держак правий	СЧ20	19,0	1	500	100	90	

					ФЛ71мп.7103.1110.000				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

1.2 Аналіз виробничої програми

Виробнича програма ливарного цеху – основний документ для розроблення технологічної частини проекту. Вона вміщує завдання на річний випуск виливків для кожного виробу.

За даними табл. 1.1 і визначеної річної кількості виливків кожного найменування складемо точну виробничу програму ливарного цеху, яку наведено в табл. 1.2.

Потужність цеху становить 13250 т придатного литва на рік. Згідно з табл. 1.2 виливки розділемо на групи за масою і марками сплавів:

- до 100 кг марки СЧ15 – 5000 т;
- до 100 кг марки СЧ20 – 197 т;
- понад 100 кг марки СЧ20 – 7804 т;
- понад 100 кг марки ВЧ 600-2 – 250 т.

На власні потреби передбачаємо 10% від виробничої програми ливарного цеху, тобто 1325 т.

1.3 Класифікація ливарного цеху

Виходячи з прийнятих правил сучасної класифікації ливарних цехів, з урахуванням номенклатури виробів і характеру виробництва, даний цех можна класифікувати так:

- за видом ливарного сплаву – чавуноливарний;
- за характером виробництва – дрібносерійний і серійний;
- за масою виливків – цех дрібного і великого литва;
- за виробничою потужністю – цех середньої потужності (річний випуск придатних виливків – 13250 т за рік);
- за технологічним процесом виготовлення виливків – цех лиття в разові об'ємні піщані форми;
- за ступенем механізації та автоматизації – механізований.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.4 Характеристика виробництва та вибір технологій виготовлення виливків

Основними параметрами вибору технологічного процесу та устаткування для виготовлення виливків є:

- характер виробництва;
- маса й габаритні розміри виливків;
- клас їх точності та складності;
- рід металу;
- вид виробничої програми;
- потужність цеху.

Виходячи з вище наведеного в проектованому цеху литво виробляється в разових піщано-глинястих формах.

За структурою цех складається із таких основних і допоміжних відділень і дільниць:

– виробничі відділення:

- 1) плавильне відділення (з дільницею підготовки шихти);
- 2) формувально-складально-заливально-вибивальне відділення;
- 3) стрижневе відділення (із складом готових стрижнів і стрижневих ящиків);
- 4) сумішоприготувальне відділення (з бункерами-відстійниками готової суміші, з бункером для вихідних матеріалів та сушарками для опок);
- 5) відділення фінішних операцій з дільницею термічного оброблювання;

– допоміжні відділення:

- 1) ремонтно-механічні майстерні;
- 2) ремонту та сушіння ковшів;
- 3) поновлення властивостей оборотної суміші;
- 4) цехові лабораторії;

– склади:

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1) шихтових і формувальних матеріалів;

2) модельної оснастки;

3) готових виливків;

– адміністративно-побутові приміщення.

Ливарний цех відноситься до групи основних цехів підприємства.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Точна (подетальна) виробнича програма

Індекс позиції	Код деталі	Найменування деталі	Матеріал і марка	Маса, кг		Кількість на виріб		Річна програма випуску виливків						
				готової деталі	виливка	шт.	кг	на основні вироби		на запасні частини			всього	
								шт.	т	%	шт.	т	шт.	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Група виливків до 100 кг														
Чавун СЧ15														
1	1996.02	Корпус редуктора	СЧ15	26,1	30,7	1	30,7	11875	364,6	10	1319	40,5	13192	405,0
18	1996.18	Корпус опори	СЧ15	8,5	10,0	1	10,0	11875	118,8	10	1319	13,2	13192	131,9
19	1996.19	Кришка	СЧ15	10,0	11,8	1	11,8	11875	140,1	10	1319	15,6	13192	155,7
21	1996.21	Кришка сапуна	СЧ15	1,1	1,3	1	1,3	11875	15,4	10	1319	1,7	13192	17,1
8	1996.08	Корпус муфти	СЧ15	59,2	69,6	1	69,6	11875	826,5	10	1319	91,8	13192	918,2
11	1996.11	Корпус гідропланелі	СЧ15	81,4	95,8	1	95,8	11875	1137,6	10	1319	126,4	13192	1263,8
7	1996.07	Корпус муфти	СЧ15	57,0	67,0	1	67,0	11875	795,6	10	1319	88,4	13192	883,9
10	1996.10	Картер задній		52,1	61,3	1	61,3	11875	727,9	10	1319	80,9	13192	808,7
41	1996.41	Корпус	СЧ15	26,8	31,5	1	31,5	11875	374,1	10	1319	41,6	13192	415,5
Всього							379,0							4999,8
Чавун СЧ20														
3	1996.03	Корпус	СЧ20	50,7	59,7	1	59,7	297	17,7	10	33	2,0	330	19,7

Продовження табл.1.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	1996.04	Кришка	СЧ20	18,4	21,7	1	21,7	297	6,4	10	33	0,7	330	7,2
6	1996.06	Піддон	СЧ20	13,9	16,3	1	16,3	297	4,8	10	33	0,5	330	5,4
12	1996.12	Картер бортової передачі	СЧ20	30,3	35,7	1	35,7	297	10,6	10	33	1,2	330	11,8
13	1996.13	Маховик	СЧ20	44,6	52,5	1	52,5	297	15,6	10	33	1,7	330	17,3
14	1996.14	Стакан підшипника	СЧ20	4,8	5,6	1	5,6	297	1,7	10	33	0,2	330	1,8
16	1996.16	Кришка	СЧ20	9,6	11,3	1	11,3	297	3,4	10	33	0,4	330	3,7
17	1996.17	Корпус правий	СЧ20	12,1	14,2	1	14,2	297	4,2	10	33	0,5	330	4,7
20	1996.20	Ламель	СЧ20	9,5	11,2	1	11,2	297	3,3	10	33	0,4	330	3,7
22	1996.22	Кришка	СЧ20	2,7	3,2	1	3,2	297	1,0	10	33	0,1	330	1,1
23	1996.23	Корпус компресора	СЧ20	5,8	6,8	1	6,8	297	2,0	10	33	0,2	330	2,2
24	1996.24	Опора	СЧ20	5,0	5,9	1	5,9	297	1,8	10	33	0,2	330	1,9
25	1996.25	Циліндр	СЧ20	4,6	5,4	1	5,4	297	1,6	10	33	0,2	330	1,8
26	1996.26	Корпус коробки клапінів	СЧ20	2,7	3,2	1	3,2	297	1,0	10	33	0,1	330	1,1
27	1996.27	Опора	СЧ20	3,2	3,8	1	3,8	297	1,1	10	33	0,1	330	1,3
40	1996.40	Корпус верха	СЧ20	41,2	48,5	1	48,5	297	14,4	10	33	1,6	330	16,0
42	1996.42	Щит	СЧ20	2,0	2,4	1	2,4	297	0,7	10	33	0,1	330	0,8
43	1996.43	Держак правий	СЧ20	9,5	11,2	1	11,2	297	3,3	10	33	0,4	330	3,7
44	1996.44	Держак лівий	СЧ20	9,7	11,4	1	11,4	297	3,4	10	33	0,4	330	3,8
45	1996.45	Колесо	СЧ20	34,0	40,0	1	40,0	297	11,9	10	33	1,3	330	13,2

ФЛ71м. 7103.1110.000

Арк.

[illegible]

			Продовження табл.1.2															
Змін.	Арк.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
		№ докум.	37	1996.37	Діафрагма 10	СЧ20	3813,1	4486,0	1	4486,0	297	1332,3	10	33	148,0	330	1480,4	
			38	1996.38	Корпус камери	СЧ20	181,9	214,0	1	214,0	297	63,6	10	33	7,1	330	70,6	
			39	1996.39	Корпус низу	СЧ20	124,1	146,0	1	146,0	297	43,4	10	33	4,8	330	48,2	
		Підпис	Всього								23650							7804
		Дата	Чавун ВЧ600-2															
			1	1996.01	Вал колінчастий	ВЧ 600-2	195,5	230,0	1	230,0	978,3	225,0	10	108,7	25,0	1087	250,0	
			Всього								230,0							250
			Разом														13251	
ФЛГ71мп.7103.1110.000																		
	Арк.																	

2 РЕЖИМ РОБОТИ ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ

Режим роботи відділень ливарного цеху визначається виконанням операцій технологічного процесу виготовлення виливків у часі та просторі. Від прийнятого режиму роботи залежить організація виробничого процесу.

Для оптимальної роботи ливарного цеху вибираємо два варіанти режиму роботи. Для виготовлення виливків масою до 100 кг – двозмінний паралельний режим, коли всі технологічні операції виконуються одночасно на різних виробничих ділянках. Для виготовлення виливків масою понад 100 кг – тризмінний ступінчастий режим, коли операції виконуються послідовно одна за другою.

Далі встановлюємо фонди часу роботи устаткування та робітників. Календарний фонд часу розраховуємо за формулою:

$$\Phi_k = P \cdot D, \quad (2.1)$$

де Φ_k – календарний фонд часу, год;

P – річна кількість днів;

D – кількість годин у добі, год;

Підставивши дані у формулу, отримаємо:

$$\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760 \text{ год.}$$

Номінальний фонд часу, Φ_n – це час, протягом якого може виконуватися робота за прийнятим режимом, без урахування планових і непередбачуваних утрат часу. Номінальний фонд часу розраховуємо за формулою:

					<i>ФЛ71мн.7103.1110.000</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕЖИМ РОБОТИ ЦЕХУ ТА ФОНДИ ЧАСУ	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Дегерменджі А.В.						
Перевір.								
Н. Контр.								
Затверд.						НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», /ФФ		

$$\Phi_n = C \cdot \Gamma, \quad (2.2)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

C – кількість робочих днів, протягом року з урахуванням святкових та вихідних, днів;

Γ – кількість годин залежно від кількості змін роботи: одна зміна – 8 годин.

З урахуванням святкових і вихідних днів, рік має біля 250 робочих днів. При однозмінному режимі роботи цеху номінальний фонд складає:

$$\Phi_n = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год.}$$

Для двозмінного режиму роботи:

$$\Phi_n = 250 \cdot 16 = 4000 \text{ год.}$$

Ефективний фонд, Φ_e , визначаємо шляхом віднімання від номінального фонду утрат часу на освоєння виробництва та непередбачувані втрати.

Φ_e розраховуємо за формулою:

$$\Phi_e = \Phi_n - B, \quad (2.3)$$

де Φ_n – номінальний фонд часу, год;

B – втрати часу на освоєння виробництва та непередбачені втрати, год.

За умови 40 – годинного робочого тижня і 4 – х тижневої відпустки ефективний фонд часу роботи для робітників становить:

$$\Phi_e = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год.}$$

Після отримання таких даних, складемо таблицю режимів роботи ливарного цеху та фондів часу роботи устаткування і робітників. Усі дані щодо режиму роботи цеху і фондів часу наведено в табл. 2. 1 і табл. 2.2.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Режим роботи ливарного цеху та фонди роботи устаткування та робітників (для паралельного режиму роботи)

Індекс позиції	Найменування відділень, дільниць, тип устаткування	Кількість робочих змін на добу	Дійсний річний фонд часу, год	
			устаткування	робітників
1	2	3	4	5
1	Плавильне відділення з дільницею підготовки шихти; ІЧТ-16/2,5	2	3800	1840
2	Формувальне відділення з бункерами – відстійниками; формувальна машина моделі	2	3600	1840
3	Стрижневе відділення із складами готових стрижнів та стрижневих ящиків	2	3680	1840
4	Сумішоприготувальне відділення	2	3600	1840
5	Відділення фінішних операцій та дільниця термічного оброблення	2	3800	1840
6	Допоміжні відділення	2	3800	1840

Таблиця 2.2 – Режим роботи ливарного цеху та фонди роботи устаткування та робітників (для ступінчастого режиму роботи)

Індекс позиції	Найменування відділень, дільниць, тип устаткування	Кількість робочих змін на добу	Дійсний річний фонд часу, год	
			устаткування	робітників
1	2	3	4	5
1	Плавильне відділення з дільницею підготовки шихти; ІЧТ-16/2,5	2	3800	1840
2	Формувальне відділення з бункерами – відстійниками; формувальна машина моделі	1	1860	1840
3	Стрижневе відділення із складами готових стрижнів та стрижневих ящиків	1	1860	1840
4	Сумішоприготувальне відділення	1	1840	1840
5	Відділення фінішних операцій та дільниця термічного оброблення	3	5460	1840
6	Допоміжні відділення	3	5460	1840

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХОВУВАНОК ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ

Проектування виробничих відділень передбачає: уточнення технологічних процесів за операціями; визначення видів, типорозмірів та розрахунок кількості устаткування; визначення видів і кількості матеріалів, необхідних для виконання технологічних процесів; будівельних розмірів прогонів для розміщення устаткування та необхідних виробничих площ. Вихідними даними служить розрахункова виробнича програма, прийняті види базових технологічних процесів і режими роботи відділень.

3.1 Розрахунок плавильного відділення

Вихідними даними для розрахунку плавильного відділення є кількість рідкого металу кожної марки ливарних сплавів, необхідна для забезпечення виробничої програми.

Для виплавлення чавуну використовують індукційні печі. Ці печі компактні, прості в експлуатації й управлінні, гнучкі в роботі.

Розрахунок плавильного відділення полягає в складанні балансу металу за марками чавуну, що виплавляється, у виборі технологічного процесу та типу й визначенні кількості плавильних агрегатів. Використовуємо процес лиття в піщано-глинясті форми.

У цеху, будуть виплавляти такі марки сплавів: СЧ15, СЧ20 і ВЧ 600-2, хімічний склад яких наведено в табл. 3.1.

					ФЛ71мн.7103.1110.000					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ			Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Дегерменджі А.В.								
Перевір.										
Н. Контр.										
Затверд.					НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», /ФФ					

В якості плавильного агрегату будемо використовувати індукційні чавуноплавильні печі ІЧТ-16/2,5 .

Завантаження шихти в піч буде електромагнітом і спочатку буде завантажуватись дрібна шихта та стружка, а потім крупна шихта (це щоб не руйнувати футерівку).

Випускання металу відбувається нахилом печі.

Головною перевагою плавлення чавуну складає можливість швидкого розігріву металу до потрібної температури та при цьому зберігати «холодний» шлак що дає можливість уникати сильного угару легуючих компонентів та сприяє отриманню металу точного хімічного складу.

Суттєво покращуються санітарно-гігієнічні умови праці, так як обслуговуючий персонал не піддається шкідливим діям тепла, пилу, шуму, газів від спалювання палива. Знижається питома витрата вогнетривких матеріалів – для індукційних печей вона складає 3 кг/т литва.

У цеху, будуть виплавляти такі марки сплавів: СЧ15, СЧ20 і ВЧ 600-2. Хімічний склад чавунів наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад чавунів (ГОСТ 1412-85)

Марка чавуну	Вміст елементів, %						
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mg
СЧ20	3,0...3,3	0,8...1,2	1,3...1,7	<0,20	<0,15		
СЧ15	3,4...3,7	0,5...0,8	2,0...2,4	<0,20	<0,15		
ВЧ600-2	3,4...3,5	0,4...0,5	2,6...2,7	<0,10	<0,015	<0,15	0,04...0,06

					ФЛ71мн.7103.1110.000				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Дегерменджі А.В.			РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ	Літ.	Арк.	Акрушіє	
Перевір.									
Н. Контр.						НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», /ФФ			
Затверд.									

					ФЛ71мн.7103.1110.000					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.	Дегерменджі А.В.				РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧИХ ВІДДІЛЕНЬ ЦЕХУ			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.										
Н. Контр.										
Затверд.										

Таблиця 3.1 – Хімічний склад чавунів (ГОСТ 1412-85) і ДСТУ 3925-99

Марка чавуну	Вміст елементів, %						
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mg
СЧ15	3,4...3,7	0,5...0,8	2,0...2,4	<0,20	<0,15		
СЧ20	3,0...3,3	0,8...1,2	1,3...1,7	<0,20	<0,15		
ВЧ600-2	3,4...3,5	0,4...0,5	2,6...2,7	<0,10	<0,015	<0,15	0,04...0,06

Як плавильні агрегати будемо використовувати індукційні чавуноплавильні печі промислової частоти.

Кількість індукційних печей визначаємо, виходячи з годинної потреби в рідкому металі та місткості печі.

Годинну потребу в рідкому металі визначаємо за формулою:

$$Q = \frac{B_p}{\Phi_e}, \quad (3.1)$$

Місткість тигля печі і її модель визначаємо за формулою:

$$Q_n = 2,5 \cdot \frac{B_p}{\Phi_e}, \quad (3.2)$$

де B_p – загальна кількість металу, необхідна для виконання виробничої програми та власних потреб, т;

Φ_e – ефективний фонд часу роботи печі, год;

Q_n – місткість тигля печі, т.

$$Q = \frac{18961}{3800} = 4,9$$

$$Q_n = 2,5 \cdot \frac{18961}{3800} = 12,5$$

Обираємо індукційну піч промислової частоти – ИЧТ16/2,5
місткістю 16 т.

Кількість плавильних печей визначаємо за формулою:

$$n = \frac{B_p \cdot K_n}{\Phi_e \cdot q}, \quad (3.3)$$

де B_p – річна кількість рідкого металу, т;

K_n – коефіцієнт нерівномірності виплавлення та використання металу.

Для серійного виробництва $K_n = 1,2 \dots 1,3$;

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Φ_e – ефективний фонд часу плавильного агрегату, год;

q – продуктивність печі, т/год.

$$n = \frac{18961 \cdot 1.3}{3800 \cdot 2.5} = 2.5 \text{ шт}$$

Виходячи розрахунків приймаємо 3 штуки індукційних печей – ИЧТ16/2,5.

Завантаження шихти в піч здійснюється спеціальною баддею. Спочатку в баддю завантажують велику шихту, а потім дрібну і стружкою. Після повернення бадді дрібна шихта і стружка попадають на дно тигля, а зверху – велика шихта.

Випускання металу із печі відбувається нахилом печі.

Головною перевагою плавлення чавуну складає можливість швидкого розігрівання металу до потрібної температури та при цьому зберігати «холодний» шлак, що дає можливість уникати сильного угару легувальних компонентів та сприяє отриманню металу точного хімічного складу.

Суттєво покращуються санітарно-гігієнічні умови праці, оскільки обслуговуючий персонал не піддається шкідливим діям тепла, пилу, шуму, газів від спалювання палива. Знижуються питомі витрати вогнетривких матеріалів – для індукційних печей вони складають біля 3 кг/т литва.

Отже, розраховування плавильного відділення необхідно визначити кількість рідкого металу кожної марки сплаву, для цього складаємо баланс металу (табл. 3.2).

Технічну характеристику печі наведено у табл. 3.3.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Технічна характеристика печі промислової частоти ІЧТ-16/2,5 для плавлення чавуну

Параметри	Числове значення
Місткість тигля, т	16
Потужність печі, кВт	2500
Частота струму трансформатора, Гц	50
Витрати води на охолодження, куб. м/год	15
Робоча температура металу, °С	1400...1550°С
Дійсна продуктивність печі, т/год	2,5
Маса печі, т	8,6

3.1.1 Річна потреба шихти

Необхідну кількість шихтових матеріалів розраховуємо та наводимо у таблиці 3.4 відповідно до кожної марки сплаву з повним використанням звороту власного виробництва.

До складу шихти для виплавляння чавунів входять наступні компоненти: чавунний брухт, сталевий брухт, чавунна стружка, феромарганець та феросиліцій.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Відомість втрат шихтових матеріалів на річну програму

Індекс позиції	Найменування матеріалів шихти	Марка сплавів						Всього	
		СЧ15		СЧ20		ВЧ600-2			
		%	т	%	т	%	т	%	т
1	Зворот власного виробництва	22	1486,5	22	2378,9	35	145,8	79	4011,2
2	Сталевий брухт	10	675,7	15	1621,8	15	62,5	40	2360
3	Чавунний брухт	20	1351,3	20	2162,4	20	83,3	60	3599
4	Стружка	48	3243,7	43	4649,5	30	125,0	121	8018,2
5	Всього	100	6756,6	100	10812,2	100	416,7	300	17985,4

3.2 Розрахунок формувально-складально-заливально-вибивального відділення

Відділення складається з двох дільниць. Дільниця №1 – формування виливків до 100 кг комплексно-автоматична лінія моделі ИЛ255; дільниця №2 – формування виливків масою понад 100кг комплексно-механізована автоматична лінія моделі ЛН240.

У цьому відділенні здійснюються операції формування, складання і заливання форм та охолодження й вибивання виливків із форм. Виливки виготовляють методом лиття в разові піщано-глинясті форми.

Формування виконується на механізованих лініях. На лініях виконуються наступні операції: формування, проставлення стрижнів у форми, передавання форм на заливання. Річну кількість форм наведено в табл. 3.5.

Заливання форм та охолодження виливків відбувається на конвеєрі. Вибивання виливків із форм виконується на вибивній гратці.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Змн.	Арк.										

Продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	1996.16	Кришка	СЧ20	11,3	3,729	1000*800*250/250	3	33,9	110	0,24	26,4
17	1996.17	Корпус правий	СЧ20	14,2	4,686		2	28,4	165		39,6
20	1996.20	Ламель	СЧ20	11,2	3,696		2	22,4	165		39,6
22	1996.22	Кришка	СЧ20	3,2	1,056		3	9,6	110		26,4
23	1996.23	Корпус компресора	СЧ20	6,8	2,244		2	13,6	165		39,6
24	1996.24	Опора	СЧ20	5,9	1,947		4	23,6	83		19,8
25	1996.25	Циліндр	СЧ20	5,4	1,782		4	21,6	83		19,8
26	1996.26	Корпус коробки клапінів	СЧ20	3,2	1,056		4	12,8	83		19,8
27	1996.27	Опора	СЧ20	3,8	1,254		4	15,2	83		19,8
40	1996.40	Корпус верха	СЧ20	48,5	16,005		1	48,5	330		79,2
42	1996.42	Щит	СЧ20	2,4	0,792		4	9,6	83		19,8
43	1996.43	Держак правий	СЧ20	11,2	3,696		2	22,4	165		39,6
44	1996.44	Держак лівий	СЧ20	11,4	3,762		2	22,8	165		39,6
45	1996.45	Колесо	СЧ20	40,0	13,2		1	40	330		79,2
46	1996.46	Блок відвідний	СЧ20	45,2	14,916		1	45,2	330		79,2
47	1996.47	Шків	СЧ20	70,8	23,364		1	70,8	330		79,2
48	1996.48	Шкив канатоведучий	СЧ20	73,2	24,156		1	73,2	330		79,2
49	1996.49	Держак лівий	СЧ20	18,0	5,94		2	36	165		39,6

ФЛ71м.7103.1110.000

Арк.

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	1996.50	Держак правий	СЧ20	19,0	6,27		2	38	165		39,6
Всього 1-ша група (до 100 кг)					5196,5				89406		21457,5

ФЛ771мт.7103.1110.000

Арк.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
ФЛГ71м.7103.1110.000				
	Арк.			

Продовження табл.3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
39	1996.39	Корпус низу	СЧ20	146	48,18		4	584	83		19,8
1	1996.01	Вал колінчастий	ВЧ600- 2	230	250,01		4	920	272		65,22
Всього 2-га группа (понад 100 кг)					8054,4				4232		1015,6

Потреба у формувальних лініях для кожної потокової лінії для формувального відділення визначається за формулою:

$$P = N_{\phi} / K_6 \cdot q \cdot \Phi_d ,$$

де N_{ϕ} – річна кількість форм у потоці, шт.;

K_6 – коефіцієнт браку форм і виливків, $K_6 = 0,94...0,96$;

q – циклова продуктивність лінії, форм/год.;

P – потрібна кількість ліній, шт.

Для потокової лінії на дільниці №1 кількість ліній розраховуємо за формулою:

$$P_1 = 89406 / 0,95 \cdot 240 \cdot 3600 = 0,11 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1 комплексно-автоматизовану лінію моделі ИЛ255.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження:

$$K_3 = P_1 / n$$

$$K_3 = 0,11 / 1 = 0,11$$

Для потокової лінії на дільниці №2 кількість ліній розраховуємо за формулою:

$$P_2 = 4232 / 0,95 \cdot 5 \cdot 3600 = 0,25 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1 комплексно-автоматизовану лінію моделі ЛН240.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження:

$$K_3 = P_1 / n$$

$$K_3 = 0,25 / 1 = 0,25$$

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Зведена відомість кількості форм

Поточна лінія (дільниця)	Група виливків за масою, кг	Розмір опок, мм	Річний випуск		Середньогодинна кількість форм, шт
			виливків, т	форм, шт	
1	До 100 кг	1000×800×250/250	5196,5	89406	25
2	Понад 100 кг	3000×3000×300/500	8054,4	4232	1

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики лінії моделі ИЛ225

Параметр	Модель
	ИЛ255
Робочі розміри опок, мм	1000 ×800
довжина × ширина	
висота	
Циклова продуктивність, форм / год	240
Металоемність форм, кг	До 120
Тиск пресування, МПа	4,0
Установлена потужність, кВт	115
Габаритні розміри лінії в плані, м	69×93
Маса ліній, т	220

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики лінії моделі ЛН240

Параметр	Модель
	ЛН240
Робочі розміри опок, мм	3000 × 3000
довжина × ширина	
висота	300/500
Циклова продуктивність, форм / год	5
Металоємність форм, кг	До 5000
Тиск пресування, МПа	4,0
Установлена потужність, кВт	190
Габаритні розміри лінії в плані, м	411×300
Маса ліній, т	528

Таблиця 3.7 – Кількість формувальних автоматів, машин, ліній

Потокова лінія або дільниця	Група виливків за масою, кг	Внутрішній розмір опок, (L×B×H), мм	Середньогодинна	Модель формувальної лінії	Продуктивність формувальної лінії Форм/год	Кількість формувальних ліній		Коефіцієнт завантаження, К _з
						розрахована	прийнята	
1	до 100 кг	1000×800 250/250	25	ИЛ225	240	0,11	1	0,11
2	понад 100 кг	3000×3000 300/500	1	ЛН240	5	0,25	1	0,25

3.3 Розрахування стрижневого відділення

На всю програму використовуємо дві масові групи стрижнів: 1-а група – стрижні до 15кг; 2-а група – стрижні 15...900 кг (взято з табл. 3.8). Стрижні будемо виготовляти з використанням ХТС. Приймаємо, що у стрижневому

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ящику будемо виготовляти один стрижень. Враховуючи максимальну масу стрижня, вибираємо стрижневу лінію для другої групи та машину для першої.

Для першої групи стрижнів обираємо лінію Л16Х, для другої—лінію Л40Х.

Усі дані зводимо до таблиці 3.9.

Необхідну кількість ліній Л16Х та ліній Л40Х розраховуємо за формулою:

$$C = \frac{B_p \cdot K_n}{\Phi_\delta \cdot q}, \quad ()$$

де B_δ —кількість зйомів стрижнів на річну програму за масовими групами шт./рік;

q – продуктивність машини (лінії), зйомів/год

Визначаємо необхідну кількість ліній ИЛ 225 за формулою :

$$C = \frac{126978 \cdot 1,2}{3600 \cdot 240} = 0,18$$

Приймаємо 1 лінію

Визначаємо необхідну кількість ліній Л40Х:

$$C = \frac{6037 \cdot 1,2}{3600 \cdot 240} = 1$$

Приймаємо 1 лінію

Середньо годинну кількість стрижнів визначаємо як відношення загальної кількості стрижнів до дійсного фонду часу стрижневого відділення.

$$\text{Для лінії Л16Х: } \frac{126978}{3600} = 35 \text{ шт/год}$$

$$\text{Для лінії Л40Х: } \frac{6037}{3600} = 2 \text{ шт/год}$$

Коефіцієнт завантаження для першої та другої груп за розрахунками складає:

$$K_\zeta = \frac{0,18}{1} = 0,18$$

$$K_\zeta = \frac{0,4}{1} = 0,4.$$

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Розрахунок сумішоприготувального відділення

При виготовленні виливків методом лиття в разові піщано – глинясті форми, якість і склад формувальних сумішей є одним з основних факторів одержання виливків із заданими властивостями.

У чавуноливарному цеху застосовуємо єдину формувальну суміш такого складу:

- оборотна суміш 83,5 %;
- кварцовий пісок 12,5 %;
- каолінова гліна 2,5 %;
- ЛСТ (ГОСТ 13-183-83) 0,5 %;
- кам'яновугільний пил 1,0 %;

Загальні витрати формувальної та стрижневої суміші визначають під час розраховування формувального і стрижневого відділень, виходячи з об'єму і кількості форм, що виготовляються протягом року, для всієї номенклатури виливків, з відрахуванням об'єму, зайнятого виливками з ливниковими системами і стрижнями. Розраховуємо потрібну кількість формувальної суміші для кожної масової групи виливків. Результати розрахунку наведені в табл.

Вибираємо змішувачі неперервної дії моделі 15204, технічна характеристика якого представлена в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Технічна характеристика змішувача періодичної дії моделі 15104.

Індекс позиції	Найменування параметра	Значення
1	Продуктивність, м ³ /год.	50
2	Частота обертання, об/хв.	38,6
3	Діаметр чаші, мм	2016
4	Потужність, кВт	75

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість змішувачів визначаємо за формулою:

$$З = \frac{B_p \cdot K_n}{\Phi_o \cdot q} \quad ()$$

де: B_p – кількість суміші на річну програму, $m^3/рік$;

K_n – коефіцієнт нерівномірності, для сумішоприготувального відділення на відміну від інших відділень приймаємо $K_n = 2$.

q – продуктивність змішувача, $m^3/год$.

Φ_o – фонд часу сумішоприготувального відділення, год/рік

Так, як в формах ущільнена суміш, а змішувач готує не ущільнену, то кількість формувальної суміші треба помножити на коефіцієнт 2, який враховує нерівномірність видавання суміші .

$$З = 154,452 \cdot 2 / (3680 \cdot 50) = 1,7$$

Для лінії Л651, також, вибираємо змішувачі моделі 15104, технічна характеристика якого представлена в таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Розрахунок витрат формувальної суміші для групи виливків до 100 кг

Внутрішні розміри опок., мм	Випуск виливків, т/рік	Середня маса виливка у формі, кг	Розрахована кількість форм на рік	Об'єм однієї форми, m^3	Розрахований об'єм, m^3			Розраховані витрати суміші, /рік	
					усіх форм	У тому числі			Усього або єдиної
						металу	стрижнів	суміші	
800*600*250/250	5197	46	89406	240	2145740				

					ФЛ71мп.7103.1110.000				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 3.14 – Розрахунок витрат формувальної суміші для групи виливків понад 100 кг

Внутрішні розміри опок,, мм	Випуск виливків, т/рік	Середня маса виливка у формі, кг	Розрахована кількість форм на рік	Об'єм однієї форми, м³	Розрахований об'єм, м³			Розраховані витрати суміші, /рік	
					усіх форм	У тому числі			
						металу	стрижнів	суміші	Усього або єдиної
800*600*250/250	5197	46	89406	240	2145740				

Таблиця 3.15 – Розрахунок кількості змішувачів

Формувальна лінія	Змішувачі				
	тип	продуктивність, м ³ /год.	кількість		коефіцієнт завантаження, К _з
			розрахована	прийнята	
КЛ91265 СМ	15104	50	1,7	2	0,85
АЛ651	15104	50			

Сухі формувальні матеріали доставляють в сумішоприготувальне відділення з складу формувальних матеріалів за допомогою пневмотранспорту, а потім гвинтовими конвейєрами передаються у добові бункери.

Над усіма змішувачами встановлений однаковий комплект бункерів для оборотної суміші з стрічковими дозаторами, решта компонентів дозуються за масою. Всі змішувачі однакового призначення і взаємозамінні.

3.5 Відділення фінішних операцій

У відділенні фінішних операцій виконуються операції видалення стрижнів із виливків, відокремлення ливникових систем і надливів, очищення, обрубубвання, зачищення, термічного оброблення, виправлення дефектів

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виливків. Виливки після вибивання пластинчастим конвеєром подаються в галтувальний барабан безперервної дії моделі 312, де проводять вибивання стрижнів і часткове очищення поверхні виливків від пригару. Далі виливки подають в дробометний барабан моделі 42322, а потім пластинчастим конвеєром подаються на робочі місця обрубників.

Таблиця 3.16 – Технічна характеристика галтувального барабана моделі 312

Параметри	Числове значення
Частота обертання, хв ⁻¹	27,3
Діаметр робочого простору барабана, мм	900
Місткість барабана, м ³	1,6
Маса завантажувального литва, кг	2000
Потужність електродвигуна, кВт	22

Таблиця 3.17 – Технічна характеристика дробометного барабана моделі 42322М

Параметри	Числове значення
Продуктивність, т/год	7,3
Найбільша маса завантаження, кг	200
Об'єм робочого простору, м ³	1,2
Установлена потужність, кВт	65
Габаритні розміри, м	7,6 x 4,5 x 7,1
Маса дробу, що викидається, кг/хв	500

Таблиця 3.2 – Баланс металу

Індекс позиції	Груповий потік	Придатне литво		Ливники, зливи, брак		Рідкий метал		Угар та безповоротні витрати		Металозавалка		Клас шихти	Спосіб плавлення	Тип плавильного агрегату
		%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік	%	т/рік			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	СЧ15	74	4999,8	22	1486,4	96	6486,2	4	270,3	100	6756,5	1;2	електроплавлення	ИЧТ-16/2,5
2	СЧ20	74	8001	22	2378,7	96	10379,7	4	432,5	100	10812,2			
3	ВЧ600-2	60	250	35	145,8	95	395,9	5	20,8	100	416,7			
Всього			13250,8		4010,9		17261,8		723,6		17985,4			

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
ФДТІм. 7103.1110.000				
	Арк.			

Таблиця 3.8 – Маршрутна технологія та завантаження стрижневого відділення

Індекс	Код деталі	Найменування деталі	Маса виливка, кг	Кількість дет. на рік, шт	Загальні дані								Прорама та устаткування		
					№ стрижня	Кількість стрижнів		маса стрижня		Габаритні розміри стрижня, мм			Стрижнів у ящику	Зйомів на річну програму	Тип та модель устаткування
						На деталь	На річну програму	Одного, кг	На річну програму, т	Довжина	Ширина	Висота			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
2	1996.02	Корпус редуктора	СЧ15	13192	1	1	13192	6,1	80998,9	20	30	15	1	13192	
18	1996.18	Корпус опори	СЧ15	13192	1	1	13192	2,0	26384,0	35	20	20	1	13192	
19	1996.19	Кришка	СЧ15	13192	1	1	13192	2,4	31133,1	55	75	35	1	13192	
21	1996.21	Кришка сапуна	СЧ15	13192	1	1	13192	0,3	3429,9	80	65	10	1	13192	
8	1996.08	Корпус муфти	СЧ15	13192	1	1	13192	13,9	183632,6	60	50	15	1	13192	
11	1996.11	Корпус гідропланелі	СЧ15	13192	1	1	13192	19,2	252758,7	80	40	40	1	13192	
7	1996.07	Корпус муфти	СЧ15	13192	1	1	13192	13,4	176772,8	20	30	10	1	13192	
10	1996.10	Картер задній		13192	1	1	13192	12,3	161733,9	20	15	20	1	13192	
41	1996.41	Корпус	СЧ15	13192	1	1	13192	6,3	83109,6	45	45	45	1	13192	
3	1996.03	Корпус	СЧ20	330	1	1	330	11,9	3940,2	20	20	15	1	330	
4	1996.04	Кришка	СЧ20	330	1	1	330	4,3	1432,2	50	30	30	1	330	
6	1996.06	Піддон	СЧ20	330	1	1	330	3,3	1075,8	25	25	10	1	330	
12	1996.12	Картер бортової передачі	СЧ20	330	1	1	330	7,1	2356,2	25	10	15	1	330	
13	1996.13	Маховик	СЧ20	330	1	1	330	10,5	3465,0	60	50	40	1	330	

			Продовження табл. 3.8															
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
			14	1996.14	Стакан підшипника	СЧ20	330	1	1	330	1,1	369,6	100	50	40	1	330	
			16	1996.16	Кришка	СЧ20	330		1	330	2,3	745,8	200	150	60	1	330	
			17	1996.17	Корпус правий	СЧ20	330	1	1	330	2,8	937,2	60	100	100	1	330	
			20	1996.20	Ламель	СЧ20	330	1	1	330	2,2	739,2	70	80	60	1	330	
			22	1996.22	Кришка	СЧ20	330	1	1	330	0,6	211,2	50	60	20	1	330	
			23	1996.23	Корпус компресора	СЧ20	330	1	1	330	1,4	448,8	90	120	60	1	330	
ФДТІм. 7103.1110.000			24	1996.24	Опора	СЧ20	330		1	330	1,2	389,4	105	100	75	1	330	
			25	1996.25	Циліндр	СЧ20	330	1	1	330	1,1	356,4	65	95	10	1	330	
			26	1996.26	Корпус коробки клапінів	СЧ20	330	1	1	330	0,6	211,2	55	45	30	1	330	
			27	1996.27	Опора	СЧ20	330	1	1	330	0,8	250,8	50	30	20	1	330	
			40	1996.40	Корпус верха	СЧ20	330	1	1	330	9,7	3201,0	80	80	50	1	330	
			42	1996.42	Щит	СЧ20	330		1	330	0,5	158,4	80	80	40	1	330	
			43	1996.43	Держак правий	СЧ20	330	1	1	330	2,2	739,2	20	30	15	1	330	
			44	1996.44	Держак лівий	СЧ20	330	1	1	330	2,3	752,4	35	20	20	1	330	
			45	1996.45	Колесо	СЧ20	330	1	1	330	8,0	2640,0	55	75	35	1	330	
			46	1996.46	Блок відвідний	СЧ20	330	1	1	330	9,0	2983,2	80	65	10	1	330	
			47	1996.47	Шків	СЧ20	330		1	330	14,2	4672,8	60	50	15	1	330	
			48	1996.48	Шкив канатоведучий	СЧ20	330	1	1	330	14,6	4831,2	80	40	40	1	330	
		Арк.																

Продовження табл. 3.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
49	1996.49	Держак лівий	СЧ20	330	1	1	330	3,6	1188,0	20	30	10	1	330	
50	1996.50	Держак правий	СЧ20	330	1	1	330	3,8	1254,0	20	15	20	1	330	
Група от 1 до 15 кг															
5	1996.05	Корпус	СЧ20	330	1	1	330	22,74	7504,2	120	100	100	1	330	
9	1996.09	Корпус коробки передач	СЧ20	330	1	1	330	25,9	8547	120	80	50	1	330	
15	1996.15	Корпус підшипника	СЧ20	330	1	1	330	48,72	16077,6	150	100	60	1	330	
28	1996.28	Діафрагма 1	СЧ20	330	1	1	330	393	129690	70	70	70	1	330	
29	1996.29	Діафрагма 2	СЧ20	330	1	1	330	169	55770	50	60	70	1	330	
30	1996.30	Діафрагма 3	СЧ20	330	1	1	330	291,4	96162	40	60	50	1	330	
31	1996.31	Діафрагма 4	СЧ20	330	1	1	330	343	113190	100	150	100	1	330	
32	1996.32	Діафрагма 5	СЧ20	330	1	1	330	736	242880	200	150	80	1	330	
33	1996.33	Діафрагма 6	СЧ20	330	1	1	330	672	221760	200	120	70	1	330	
34	1996.34	Діафрагма 7	СЧ20	330	1	1	330	138,8	45804	120	60	80	1	330	
35	1996.35	Діафрагма 8	СЧ20	330	1	1	330	145,8	48114	150	70	60	1	330	
36	1996.36	Діафрагма 9	СЧ20	330	1	1	330	774,4	255552	150	200	80	1	330	

ФЛТ71мн.7103.1110.000

Αρκ.

Продовження табл. 3.8

[illegible]

ФЛ71мн.7103.1110.000

Αρκ.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
ФДТІм.7103.1110.000				
	Арк.			

Таблиця 3.9 – Обсяг виробництва стрижневого відділення

Індекс	Код деталі	Найменування деталі	Маса виливка, кг	Кількість виливків на рік, шт	Стрижні					Ппотреба в стрижнях, шт			Маса стрижня на річну програму, т
					№ стрижня	маса стрижня, кг	Габаритні розміри стрижня, мм			На виливок	На річну програму	Річна з урахуванням браку виливків і	
							Довжина	Ширина	Висота				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2	1996.02	Корпус редуктора	СЧ15	13192	1	6,1	20	30	15	1	13192	14511	89098,8
18	1996.18	Корпус опори	СЧ15	13192	1	2,0	35	20	20	1	13192	14511	29022,4
19	1996.19	Кришка	СЧ15	13192	1	2,4	55	75	35	1	13192	14511	34246,4
21	1996.21	Кришка сапуна	СЧ15	13192	1	0,3	80	65	10	1	13192	14511	3772,9
8	1996.08	Корпус муфти	СЧ15	13192	1	13,9	60	50	15	1	13192	14511	201995,9
11	1996.11	Корпус гідропланелі	СЧ15	13192	1	19,2	80	40	40	1	13192	14511	278034,6
7	1996.07	Корпус муфти	СЧ15	13192	1	13,4	20	30	10	1	13192	14511	194450,1
10	1996.10	Картер задній		13192	1	12,3	20	15	20	1	13192	14511	177907,3
41	1996.41	Корпус	СЧ15	13192	1	6,3	45	45	45	1	13192	14511	91420,6
3	1996.03	Корпус	СЧ20	330	1	11,9	20	20	15	1	330	363	4334,2
4	1996.04	Кришка	СЧ20	330	1	4,3	50	30	30	1	330	363	1575,4
6	1996.06	Піддон	СЧ20	330	1	3,3	25	25	10	1	330	363	1183,4
12	1996.12	Картер бортової передачі	СЧ20	330	1	7,1	25	10	15	1	330	363	2591,8

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
13	1996.13	Маховик	СЧ20	330	1	10,5	60	50	40	1	330	363	3811,5
14	1996.14	Стакан підшипника	СЧ20	330	1	1,1	100	50	40	1	330	363	406,6
16	1996.16	Кришка	СЧ20	330	1	2,3	200	150	60	1	330	363	820,4
17	1996.17	Корпус правий	СЧ20	330	1	2,8	60	100	100	1	330	363	1030,9
20	1996.20	Ламель	СЧ20	330	1	2,2	70	80	60	1	330	363	813,1
22	1996.22	Кришка	СЧ20	330	1	0,6	50	60	20	1	330	363	232,3
23	1996.23	Корпус компресора	СЧ20	330	1	1,4	90	120	60	1	330	363	493,7
24	1996.24	Опора	СЧ20	330	1	1,2	105	100	75	1	330	363	428,3
25	1996.25	Циліндр	СЧ20	330	1	1,1	65	95	10	1	330	363	392,0
26	1996.26	Корпус коробки клапінів	СЧ20	330	1	0,6	55	45	30	1	330	363	232,3
27	1996.27	Опора	СЧ20	330	1	0,8	50	30	20	1	330	363	275,9
40	1996.40	Корпус верха	СЧ20	330	1	9,7	80	80	50	1	330	363	3521,1
42	1996.42	Щит	СЧ20	330	1	0,5	80	80	40	1	330	363	174,2
43	1996.43	Держак правий	СЧ20	330	1	2,2	20	30	15	1	330	363	813,1
44	1996.44	Держак лівий	СЧ20	330	1	2,3	35	20	20	1	330	363	827,6
45	1996.45	Колесо	СЧ20	330	1	8,0	55	75	35	1	330	363	2904,0
46	1996.46	Блок відвідний	СЧ20	330	1	9,0	80	65	10	1	330	363	3281,5
47	1996.47	Шків	СЧ20	330	1	14,2	60	50	15	1	330	363	5140,1

ФДТІм. 7103.1110.000

Арк.

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
49	1996.49	Держак лівий	СЧ20	330	1	3,6	20	30	10	1	330	363	1306,8
50	1996.50	Держак правий	СЧ20	330	1	3,8	20	15	20	1	330	363	1379,4
Стрижні до 15 кг І група						202,04					126990	139689	1143247
5	1996.05	Корпус	СЧ20	330	1	22,74	120	100	100	1	330	363	8254,62
9	1996.09	Корпус коробки передач	СЧ20	330	1	25,9	120	80	50	1	330	363	9401,7
15	1996.15	Корпус підшипника	СЧ20	330	1	48,72	150	100	60	1	330	363	17685,36
28	1996.28	Діафрагма 1	СЧ20	330	1	393	70	70	70	1	330	363	142659
29	1996.29	Діафрагма 2	СЧ20	330	1	169	50	60	70	1	330	363	61347
30	1996.30	Діафрагма 3	СЧ20	330	1	291,4	40	60	50	1	330	363	105778,2
31	1996.31	Діафрагма 4	СЧ20	330	1	343	100	150	100	1	330	363	124509
32	1996.32	Діафрагма 5	СЧ20	330	1	736	200	150	80	1	330	363	267168
33	1996.33	Діафрагма 6	СЧ20	330	1	672	200	120	70	1	330	363	243936
34	1996.34	Діафрагма 7	СЧ20	330	1	138,8	120	60	80	1	330	363	50384,4
35	1996.35	Діафрагма 8	СЧ20	330	1	145,8	150	70	60	1	330	363	52925,4
36	1996.36	Діафрагма 9	СЧ20	330	1	774,4	150	200	80	1	330	363	281107,2
37	1996.37	Діафрагма 10	СЧ20	330	1	897,2	200	150	80	1	330	363	325683,6

ФДТІм.7103.1110.000

Арк.

Змін.

Арк.

№ докум.

Підпис

Дата

Продовження табл. 3.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
38	1996.38	Корпус камери	СЧ20	330	1	42,8	230	207	129	1	330	363	15536,4
39	1996.39	Корпус низу	СЧ20	330	1	29,2	275	206	138	1	330	363	10599,6
1	1996.01	Вал колінчастий	ВЧ600-2	1087	1	46	150	100	60	1	1087	1196	55002,2
Стрижні до 900 кг II група						4775,96					6037	6641	1771978
Всього						4978					133027	146330	2915225

ФЛ77І.мт.7103.1110.000

Арк.

4 ДОПОМІЖНІ ВІДДІЛЕННЯ, ДІЛЬНИЦІ ТА СЛУЖБИ ЦЕХУ

У цеху, що підпадає технічному переозброєнню передбачено допоміжні відділення та служби. До них відносяться:

– відділення підготовки піску загальною площею 160 м². Знаходиться у одному прогоні із складом шихтових матеріалів, що спрощує процес поставання матеріалів до цеху. Шихтові та формувальні матеріали завозять автомобільним транспортом і розвантажують у першому прогоні цеху.

У відділенні підготовки піску встановлено наступне устаткування: сито полігональне та сушарка прохідна;

– дільниця підготовки та подрібнення феросплавів, лігатур, глин, компонентів протипригарних фарб загальною площею 36 м². Обладнана дробаркою, змішувачем лабораторним, ситом та кульовим млином;

– дільниця ремонту та підігрівання ковшів. Обладнана лабораторними змішувачами та сушильним стендом для ковшів. Загальна площа 50 м²;

– майстерня для ремонту модельно-опочного оснащення площею 28 м²;

– загальноцехова комора площею 26 м²;

– ремонтно-механічна майстерня площею 48 м². У цій майстерні встановлено токарно-гвинторізний, фрезерний та свердлильний верстати;

– служба електрика площею 38 м². Ця служба виконує поточний ремонт електроустаткування, яке знаходиться в цеху. До обов'язків електриків входить також поточний ремонт ліній електропроводки у виробничих і адміністративно-побутових приміщеннях;

– цехова майстерня площею 36 м²;

– цехові лабораторії контролю якості металу та формувальних матеріалів і сумішей;

Лабораторія дослідження властивостей формувальних сумішей;

					ФЛ71мп.7103.1110.000			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>ДОПОМІЖНІ ВІДДІЛЕННЯ, ДІЛЬНИЦІ ТА СЛУЖБИ ЦЕХУ</div>			
Розроб.	Дегерменджі А.В.							
Перевір.								
Н. Контр.								
Затверд.					<div>Літ.</div> <div>Арк.</div> <div>Акрушів</div> <div>НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФФ</div>			

розташована на території сумішоприготувального відділення, займає площу 22 м². Вона оснащена комплектом лабораторних приладів.

Лабораторія експрес-аналізу металів займає площу 20 м². Для експрес-аналізу хімічного складу шихтових матеріалів і виплавлених сплавів застосовується універсальний спектро-аналізатор. Також в лабораторії проводиться випробування на прозорив стандартних зразків з виплавлених сплавів на стандартній розривній машині моделі Р-1500. У процесі плавлення та розливання сплавів лаборант заміряє температуру.

Бюро технічного контролю займає площу 18 м², розташовано біля складу готової продукції.

Для підтримання в робочому стані водопроводу, каналізації, опалення та вентиляції цеху існують загальнозаводські служби.

Загальна (сумарна) площа допоміжних відділень, ділянок і служб цеху складає 482 м².

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Архітектурна частина

Конфігурація, компонування й розміри спроектованого цеху забезпечують потоковість і режим роботи виробництва, дозволяють зробити раціональне розміщення устаткування і забезпечити нормальні умови праці.

Будівля цеху одноповерхова прямокутної форми. Побутові й адміністративно-конторські приміщення розташовані в 2-х поверховій прибудові, що примикає до торця будівлі цеху. Висота будівлі цеху до нижнього ярусу ферм складає 14,4 м. Максимальна глибина закладання фундаменту, виходячи з умов промерзання ґрунту, прийнята наступна:

- зовнішні фундаменти – 1,25 м;
- внутрішні фундаменти – 1 м.

5.2 Будівельні конструкції

5.2.1 Фундамент

Для зроектованого цеху основним матеріалом для фундаменту є залізобетон. Фундамент під колонам виконаний у вигляді башмаків із залізобетону. Площа підшви фундаменту залежить від навантаження на колону і припустимому тиску на ґрунт і дорівнює 25 м².

5.2.2 Стіни

Стіни будинку самонесучі великопанельні спираються на фундаментні балки. Товщина навантажених стін 380 мм, а внутрішніх 300 мм. Стіни виготовлені із залізобетонних плит. Перегородки окремих ділянок цеху виконані зі склоблоків.

					ФЛ71мп.7103.1110.000			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Дегерменджі А.В.						
Перевір.								
Н. Контр.						НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФФ		
Затверд.								

5.2.3 Колони

Колони проектується із залізобетону. Колони, на які встановлені підкранові балки, виконуються перетином 400×600 мм. Крок колон у виробничому відділенні для зовнішніх 6 м, а внутрішніх 12 м.

5.2.4 Вікна й двері

Для природного освітлення будинку цеху в зовнішніх стінах виконуються світлові прорізи зі сталевих віконних плетінь. Розміри вікон 4000×3600 мм. Для освітлення всієї площі цеху використовується верхнє освітлення за допомогою ліхтарів прямокутної форми, скло яких армоване. У будівлі встановлюються одно- і двостулкові двері з висотою 2,8 м. Ширина одностулкових дверей складає 0,9 м, а двостулкових – 1,3 м. Розміри воріт для автомобільного транспорту – 4,0×4,2 м, а на залізничній колії – 4,7×5,6 м.

5.2.5 Підлога

Підлогу виконуємо залежно від призначення ділянки. Плавильне відділення – чавунні плити; формувальне відділення, стрижневе відділення, сумішоприготувальне відділення та відділення фінішних операцій – збірні залізобетонні плити; склади, окрім засіків під формувальну суміш – залізобетонні плити, для засіків – металоцементна підлога.

5.2.6 Покрівля

Для покрівлі застосовуються залізобетонні плити марки БСЖ – 1А з бетону. Кріплення ферм до колон здійснюється шляхом зварювання арматури, закладеної в балці. На несучі залізобетонні блоки укладається настил із залізобетонних плит ПНН П – 1 розмірами 3×12 м. Висота ребра 250 мм. На плити укладається утеплення з пінобетону товщиною 80 мм, що обмазується цементом для закладення швів і підготовки поверхні під покрівлю.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Покрівля виконана з п'яти шарів руберойду, бітумного настилу. Відвід води з даху здійснюється внутрішніми і зовнішніми водостоками. Внутрішні водостоки застосовуються для відводу води, що збирається між прольотами.

5.2.7 Побутові та адміністративні приміщення

До побутових приміщень ливарного цеху відносяться гардеробні, душові, санвузли, приміщення для відпочинку. До адміністративних приміщень – кабінети й кімнати керівного персоналу цеху, ІТР, зала засідань.

Побутові і конторські приміщення, розмішені в прибудові до виробничої будівлі. Несучий каркас виконується з залізобетонних колон із розмірами 400×600 мм.

Будівля не має горища, з теплим спільним дахом. Стіни, виконані з одношарових пінобетонних панелей. Перегородки влаштовуються з цегельних блоків. У вологих приміщеннях стіни на всю висоту від підлоги (3 м) облицьовані плиткою.

Підлоги в побутових приміщеннях виготовлені з керамічних рифлених плиток. У конторах підлоги застеляються лінолеумом чи паркетом. Площа гардеробних визначається кількістю шаф для збереження одягу. Нормами передбачена одна шафа для одного робітника (150 шаф). Розмір одинарної шафи 50×25 см, висота 1,65 м. Ширина проходу між закритими шафами не менш 1 м. Верхній одяг працівників контори, лабораторії і різних служб за узгодженням з органами санітарного нагляду може зберігатися на вішалці. Довжина вішалки визначається з розрахунку 5 гачків на 1 погонний метр.

Душові розміщені в приміщеннях суміжних із гардеробними. При душових передбачається приміщення для перевдягання, на кожен душ 3 місця довжиною 1,2 м і шириною 0,3 м.

Кількість душових визначається з розрахунку один душ на 10 чоловік, що працюють у найчисленнішій зміні (6 душових). Розміри (у плані) відкритих душових кабін 0,9×0,9 м, місць для перевдягання не менше 0,6×0,9 м.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина проходів між рядами кабін не менш 1,5 м, а між кабінами і стіною – не менш 0,9 м.

Час дії душової після кожної зміни приймається 45 хвилин. Приміщення повинне мати витяжну і приточну вентиляцію. Кількість умивальників визначається з розрахунку один умивальник на 20 осіб (6 умивальників) із подачею гарячої води до 30% умивальників.

Площа на 1 кран складає 2,1 м² , відстань між кранами 0,6 м, ширина проходів – 1,6 м.

Санвузли в цеху розміщуються рівномірно на відстані не більш 75 м від робочого місця з розміром кабін 1,2×0,9 м.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО–ЕКОНОМІЧНА ЧАСТНА

6.1 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення у виробничі фонди цеху, що проектується складаються з капітальних вкладень в основні фонди (придбання обладнання, транспортних засобів, оснастки інструменту, інвентарю та будівельно-монтажні роботи) та оборотних нормованих засобів (витрати на утворення запасів матеріалів, швидкозношуваних інструментів, запасних частин для поточного ремонту обладнання та ін.). Вартість транспортування устаткування та його монтаж і наладку приймаємо у розмірі 15% від його ціни. Розрахунок капітальних витрат на обладнання приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Розрахунок капіталовкладень в устаткування

Найменування устаткування, його модель або технічна характеристика	Кількість, одиниць	Вартість за одиницю, тис. грн	Загальна вартість, тис. грн	Витрати на транспортування та монтаж, тис. грн	Всього, тис. грн
Основне технологічне устаткування					
1. Машина 28Б7	1	200	200	30	230
2. Шнековий змішувач 4727	1	15	15	3	18
Разом основне технологічне устаткування					248

					ФЛ71мп.7103.1110.000					
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Дегерменджі А.			ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ			Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів										
Н. Контр.		.						НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФФ		
Затвердив										

Продовження таблиці 6.1

Допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					
2. Інвентар	-	-	50	7,5	57,5
3.Ваги на платформній основі РП-150Ц13	2	5	10	1,5	11,5
Разом допоміжне та підйомно-транспортне устаткування					69
Загалом по відділенню					317

Капітальні вкладення у виробничі будівлі та споруди визначають, виходячи з об'єму цеху і усереднених нормативів вартості будівельних конструкцій та промислових проводок.

Розрахунки капітальних вкладень (враховуючи середні ринкові ціни на елементи будівельно-монтажних робіт) на будівництво цеху приведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Розрахунки капітальних вкладень на будівництво цеху

Елементи капітальних вкладень	Одиниця вимірювання	Об'єм будівлі, м³	Вартість, тис. грн.	
			Одиниці	Загальна
1. <i>Виробничі приміщення</i>	м³	14256	675	9622,8
1.1 Водопостачання			5,0	13,76
1.2 Каналізація			4,3	11,83
1.3 Електропроводка			8	22,01
1.4 Вентиляція			7,0	19,26
Всього				9715,4
2. <i>Побутові приміщення</i>	м³	5020	485	2434,7
2.1 Водопостачання			7	7,14
2.2 Каналізація			6,3	6,42
2.3 Електропроводка			8,0	8,16
2.4 Вентиляція			7,0	7,14
Всього				2512,4
3. Зовнішній благоустрій		2854	10	28,54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ71мп.7103.1110.000

Арк.

4. Невраховані витрати		2854	90	256,86
Загальна вартість будівлі				12227,8

Розраховуємо норматив оборотних коштів. Найбільшим за розміром є поточний запас матеріалів.

Середній поточний запас ($З_{\text{м}}$) визначається за формулою:

$$З_{\text{м}} = M_{\text{д}} \frac{T_{\text{пост}}}{2}$$

де $M_{\text{д}}$ - середньодобове споживання сировини та матеріалів, грн.;

$T_{\text{пост}}$ - інтервал поставки в днях (приймається в межах 15-30 днів).

Таблиця 6.3 - Розрахунок вартості сировини основних і допоміжних матеріалів на річну виробничу програму

Найменування видів сировини і матеріалів	Одиниця виміру	Витрати на річну програму	Оптова ціна за одиницю, грн.	Коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати	Сума за річну потребу, грн. (тис. грн.)
Сировина та основні матеріали					
Кварцовий пісок 1К ₁ О ₁ 016	кг	5874,8	7,6	1,1	49,11
Бентонітова глина П1Т ₁ А	кг	938	8,2	1,1	8,46
Крохмаліт	кг	60,5	6,3	1,1	0,42
Смола ФФ-65С	кг	115,8	10,2	1,1	1,29
Всього вартість сировини та матеріалів					59,28

$$З_{\text{м}} = 59280 \cdot 20 / 2 = 592800 \text{ грн.}$$

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величину всіх інших елементів загального нормативу оборотних коштів (транспортного, підготовчого та резервного запасів матеріалів; незавершеного виробництва; витрат майбутніх періодів; готової продукції на складі та ін.) приймаємо на рівні 50% від розрахованого нормативу поточних запасів, що складає 3,65 тис. грн. Загальний розмір капіталовкладень у формування оборотних коштів дорівнює сумі вартості всіх вказаних елементів.

Таким чином, загальний річний норматив оборотних коштів () по об'єкту, що проектується, складе:

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot Z_{\text{м}},$$

де $Z_{\text{м}}$ – норматив поточних запасів;

$$H_{\text{заг}} = 1,5 \cdot 592800 = 889200 \text{ грн.}$$

Після цього розраховуємо загальні капітальні вкладення в об'єкт, що проектується (табл. 6.4).

Розрахунок загальних капітальних вкладень наведений в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Загальні капітальні вкладення

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.4 – Загальні капітальні вкладення

Елементи капіталовкладень	Сума	
	тис. грн	%
1.Будівлі:		
1.1.Виробничі	12227,8	62,96
1.2.Водопостачання виробничих приміщень	20,9	0,70
1.3.Каналізація	18,25	0,62
1.4.Електропроводка	30,17	1,02
1.5.Вентиляція	26,4	0,889
1.6.Зовнішній благоустрій	28,54	0,97
1.7.Невраховані витрати	256,86	8,6
2.Устаткування		
2.1.Основне технологічне	250,7	8,5
2.2.Допоміжне	83,8	2,84
3.Норматив оборотних коштів	889,2	12,82
Всього капіталовкладень у виробничі фонди	901886,6	100

6.2 Витрати на паливо та енергію

До цієї статті калькуляції відносять вартість річних затрат технологічних енергоносіїв: електроенергії, природного газу, пари, стиснутого повітря, гарячої води та ін. носіїв енергії. Суму витрат обчислюють у відповідності до норм витрат певних видів енергоресурсів і діючих тарифів та цін.

У разі відсутності норм витрат електроенергії використовують розрахунковий метод, за яким витрачання цього виду ресурсів визначають по встановленій потужності токоприймачів, планового фонду часу роботи відповідного устаткування та коефіцієнта втрат електроенергії.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок кількості електроенергії та інших джерел енергоносіїв, яка необхідна для забезпечення нормальної роботи цеху приведений в енергетичному розділі див. таблицю 6.1 та 6.2.

Вартість витрат електричної енергії на освітлення та обладнання береться 1,81 грн. за кВт-год (згідно постанови НКРЕКП від 24.11.2016 р. №2019). Дані по енергозатратам приведені у таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Відомість витрат енергоносіїв (електроенергії, води)

Споживачі енергоносіїв	Вид енергоносія	Одиниця виміру	Річні витрати	Ціна електроенергії за 1 кВт-год	Вартість на рік, тис. грн
Операції у відповідності до технологічного процесу (технологічне та допоміжне устаткування)	електроенергія	кВт-год	211328	2,42	511,4
Освітлення виробничих та побутових приміщень	електроенергія	кВт-год	17238,8	2,42	41,72
Господарчо-санітарні потреби	технічна вода	тис. м ³	8,6	900	7,74
Загально річна вартість енергоносіїв					560,86

6.3 Витрати на утримання і експлуатацію устаткування

Стаття «Витрати на утримання і експлуатацію устаткування» є комплексною й охоплює амортизаційні відрахування на повне відтворення виробничого устаткування, підйомно-транспортних засобів; витрати на проведення усіх видів ремонту та міжремонтного обслуговування.

Норматив витрат на цю статтю встановлюється кожним підприємством у відсотках до статті «Основна заробітна плата технологічних робітників» або до балансової вартості всього технологічного, допоміжного та підйомно-транспортного устаткування.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі відсутності даних по підприємству-аналогу, цей норматив можна приймати на рівні 30-50% від розрахованої суми капіталовкладень у даний вид основних засобів (табл. 6.1):

$$317 \cdot 0,3 = 95,15 \text{ тис. грн.}$$

6.4 Загальновиробничі витрати

До цієї статті планової калькуляції належать:

- амортизація основних фондів та нематеріальних активів загальновиробничого призначення;
- витрати на управління виробництвом в межах виробничого об'єкта, що проектується (оплата праці апарату управління цеху чи дільниці з відрахуваннями на соціальні заходи, витрати на службові відрядження, офісні витрати в межах цеху чи дільниці);
- витрати на утримання, експлуатацію та ремонт основних фондів загальновиробничого призначення;
- витрати на удосконалення технології та організації виробництва;
- витрати на освітлення, опалення, водопостачання виробничих приміщень;
- витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону навколишнього середовища та ін.

Загальновиробничі та загальногосподарські витрати встановлюють на рівні 100-250% від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників»:

$$677,12 \cdot 2,0 = 1354,24 \text{ тис. грн.}$$

6.5 Втрати внаслідок технічно неминучого браку та інші виробничі витрати

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При калькулюванні собівартості продукції «Втрати внаслідок технічно неминучого браку» та «Інші виробничі витрати» часто об'єднують в одну статтю витрат, а іноді ці обидві статті включають до складу «Загальновиробничих витрат». Норматив вказаних витрат встановлюється по даним підприємства-аналога, а при відсутності таких даних на рівні:

«Втрати внаслідок технічного неминучого браку» та «Інші виробничі витрати» 5-15% від основної заробітної плати технологічних робітників:

$$677,12 \cdot 0,1 = 67,71 \text{ тис. грн.}$$

6.6 Адміністративні витрати

Калькуляційна стаття «Адміністративні витрати» включає витрати на обслуговування та управління підприємством: оплата праці працівників апарату управління підприємством з відрахуванням на соціальні заходи; утримання, ремонт та обслуговування загальнозаводських основних фондів; витрати на підготовку та перепідготовку кадрів; оплата послуг банків; страхування майна підприємства; витрати на сторожову та пожежну охорону; податки та інші обов'язкові платежі тощо.

Значення цієї статті витрат встановлюється у відповідності до нормативу підприємства-аналогу, бо на різних підприємствах адміністративні витрати коливаються в межах 50-200% від основної заробітної плати технологічних робітників:

$$677,12 \cdot 0,8 = 541,7 \text{ тис. грн.}$$

6.7 Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва

До цієї статті належать витрати:

- на підготовку та освоєння нової продукції;
- на освоєння нових технологічних процесів;

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- на запуск у виробництво нових цехів, діляниць і окремих агрегатів;
- на винахідництво і раціоналізацію та деякі інші.

Норматив вказаних витрат встановлюють за даними підприємства-аналога, а у разі їх відсутності на рівні 30-50% від величини статті «Основна заробітна плата технологічних робітників»:

$$677,12 \cdot 0,3 = 203,14 \text{ тис. грн.}$$

6.8 Позавиробничі витрати на збут продукції

Дана стаття включає витрати на реалізацію продукції підприємства:

- відшкодування вантажно-розвантажувальних, складських, пакувальних, транспортних і страхових витрат;
- маркетингові витрати (реклама, участь у виставках, дослідження ринку);
- витрати на гарантійний ремонт та гарантійне обслуговування;
- сплата експортного мита, митних зборів тощо.

Величину витрат по цій статті студент уточнює під час переддипломної практики.

У відсотках до виробничої собівартості (сума 9-ти перших статей калькуляції) витрати на збут становлять близько 5-10%:

$$677,12 \cdot 0,05 = 33,86 \text{ тис. грн.}$$

6.9 Складання планової калькуляції собівартості продукції

На основі виконаних розрахунків розробляємо основний документ економічної частини проекту планова калькуляція собівартості продукції (табл. 6.6).

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6 - Планова калькуляції собівартості річного обсягу виробництва продукції

Статті витрат	Одиниця виміру	Кількість на річну програму	Планова ціна за одиницю, грн.	Витрати на річну програму, тис. грн.
1	2	3	4	5
1. Основні матеріали				
– кварцовий пісок K016A6	кг	5712,8	7,6	47,76
– бентонітова глина П1Т1	кг	938	8,2	8,46
– крохмаліт	кг	60,5	6,3	0,42
– рідке скло	кг	120,5	10,2	1,35
2. Паливо та енергія для технологічних цілей	кВт-год		2,42	553,12
2.1 Електроенергія		228566,8		
3. Основна заробітна плата технологічних робітників				677,12
4. Додаткова заробітна плата технологічних робітників				365,64
5. Єдиний соціальний внесок (22%)				229,4
6. Витрати на утримання і експлуатацію устаткування				74,4
7. Загальновиробничі та загальногосподарські витрати				1354,24
8. Втрати внаслідок технічного неминучого браку				67,71
9. Адміністративні витрати				541,7
10. Витрати на підготовку та освоєння нового виробництва				203,14
11. Позавиробничі витрати на збут продукції				33,86
12. Інші виробничі витрати				3,7
Всього повна собівартість річного обсягу виробництва продукції				4162

Річна продуктивність цеху становить 2000000 кг, маса виробу складає 0,78 кг., то річна продуктивність відповідно 1923077 шт./рік

Тому повна собівартість 1 т продукції складає $4162000 / 1500 = 2922$ грн/т, або $4162000 / 1923077 = 2,3$ грн/шт.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.10 Оцінка ефективності проектних рішень

Порівняння здійснюємо за такими показниками:

- трудомісткість продукції (зворотний показник продуктивності живої праці);
- капіталомісткість (фондомісткість) продукції;
- період окупності капітальних витрат.

Трудомісткість продукції визначається як відношення витраченої кількості праці до загального обсягу виробленої продукції. Технологічна трудомісткість одиниці продукції розраховується як сума витрат часу по окремим операціям технологічного процесу. Менш точно технологічну трудомісткість (Т) у нормо-годинах можна вирахувати за формулою:

$$T = \frac{\chi_{\text{ТЕХ}} \cdot \Phi^{\text{пл}}}{Q}$$

де $\chi_{\text{ТЕХ}}$ - загальна чисельність технологічних робітників, осіб;

$\Phi^{\text{пл}}$ - плановий фонд робочого часу за рік одного робітника, год.;

Q - повний річний обсяг виробництва продукції, т.

$$T = 16 \cdot 1840 / 1500 = 19,6 \text{ нормо-годин/т}$$

Капіталомісткість (фондомісткість) продукції (K_Q) визначається як величина загальних капітальних витрат ($K_{\text{заг}}$) у будівництво чи реконструкцію цеху, на технічне переоснащення виробництва до річного планового обсягу виробництва продукції:

$$K_Q = \frac{K_{\text{заг}}}{Q},$$

$$K_Q = 12227,8 / 1500 = 1822,3 \text{ грн/т.}$$

Грошовий потік за рік розраховується як сума чистого прибутку та амортизаційних відрахувань, визначених за рік експлуатації спроектованого студентом об'єкту:

$$ГП_p = 0,82 \cdot (Ц - C_n) \cdot Q + \Sigma A,$$

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 0,82 – коефіцієнт, який враховує частку чистого прибутку у валовому прибутку;

C_n - повна собівартість одиниці продукції, грн.;

Ц - ринкова відпускна ціна одиниці продукції, грн.;

Q – повний річний обсяг виробництва продукції (1500),т;

ΣА - загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.

Загальна річна сума амортизаційних відрахувань розраховується, виходячи з вартості основних фондів та встановлених норм амортизаційних відрахувань (табл. 6.7).

Таблиця 6.7 - Розрахунок сум річних амортизаційних відрахувань

Об'єкт амортизації	Ціна, грн	Амортизація	Сума амортизаційних відрахувань, грн
Будівлі	12227,8	0,05	218673,6
Обладнання	248	0,04	80280
Всього амортизаційних відрахувань			298953,6

$$ГПр = 0,82 \cdot (3150-2922) \cdot 1500 + 298953,6 = 579393,6 \text{ грн.}$$

Найбільш розповсюдженим показником економічної ефективності капітальних витрат на нове будівництво, реконструкцію, впровадження нового обладнання чи технології, є період окупності капітальних витрат ($\Pi_{ок}$), який має критеріальний характер:

$$\Pi_{ок} = \frac{K_{заг}}{ГП_p} < \Pi_{ок}^H,$$

де $ГП_p$ - річна сума грошового потоку, грн.;

$\Pi_{ок}^H$ - нормативний період окупності, 3 - 7 років.

$$\Pi_{ок} = 12227,8 / 579393,6 = 5 \text{ років}$$

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Робимо висновок, що розроблений проект є економічно доцільним. Перелік техніко-економічних показників наведений в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 - Техніко-економічні показники спроектованого об'єкта

Найменування показника	Одиниця виміру	Значення
1	2	3
Річний плановий обсяг виробництва продукції (Q)	т	1000
Загальна площа цеху	м ²	832
Виробнича площа цеху	м ²	572
Капіталомісткість продукції (K _Q)	грн	1822,3
Загальна чисельність працівників	осіб	20
Загальний річний фонд заробітної плати	грн	147052,8
Середньомісячна зарплата одного працівника	грн	6642,24
Річний виробіток на одного працівника	т/особу	75
Технологічна трудомісткість продукції (Т)	нормо-години/ткг	19,6
Повна собівартість одиниці продукції	грн/т	2922
Період окупності (П _{ок})	років	5

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

Питання щодо організації виробництва в цеху вирішуємо на основі даних попередніх розділів проекту, зокрема, технологічного (розрахунок потрібного обладнання, його розміщення, організація технічного контролю та контролю якості тощо). У цьому розділі ми обґрунтовуємо необхідну чисельність робітників та управлінського персоналу, розмір фондів їх заробітної плати, визначаємо показники продуктивності праці.

6.10 Розрахунок чисельності виробничих робітників

Методика розрахунків планової чисельності працівників окремих категорій визначається специфікою їхньої роботи та галузевими особливостями функціонування підприємства.

Чисельність робітників, зайнятих на нормованих роботах ($U_{p.n}^{nl}$), розраховують за формулою:

$$U_{p.n}^{nl} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i m_i}{T_{p.ч} K_{в.н}},$$

де t_i , - планова трудомісткість одиниці i -го виду продукції, нормо-годин;

m_i , - кількість продукції i -го виду, одиниць;

$T_{p.ч}$ - розрахунковий ефективний час одного робітника, год. (табл. 4.1);

n - кількість видів виготовлюваної продукції;

$K_{в.н}$ - очікуваний коефіцієнт виконання норм (1,2-1,5).

Чисельність основних робітників, зайнятих на ненормованих роботах (U_{oc}^{nl}) (контроль технологічного процесу, керування апаратами, машинами та іншим устаткуванням), розраховують за нормами обслуговування, а саме:

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ71мп.7103.1110.000

Арк.

$$q_{oc}^{пл} = \frac{m_0 P_{зм} K_n}{H_{об}},$$

де m_0 - кількість обслуговуваних об'єктів;

$P_{зм}$ - кількість змін роботи на добу;

K_n - коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову;

$H_{об}$ – норма обслуговування одного агрегата (кількість об'єктів на одного робітника).

Таблиця 6.9 - Баланс робочого часу середньооблікового працівника

Показники	Планові значення
Кількість календарних днів	365
Вихідні та святкові дні	115
Час на планово-попереджувальний ремонт, днів	10
Номінальний фонд робочого часу, днів	240
Невиходи на роботу (днів), з них: відпустки	30
	24
захворювання	4
дозволені законом	1
з дозволу адміністрації	1
прогули	-
цілодобові простої	-
страйки	-
Явочний робочий час, днів	210
Середня тривалість робочого дня, год.	7,9
Внутрішньо змінні втрати робочого часу та простої, год.	0,2
Робочі години	7,8
<i>Плановий фонд роботи працівника в рік.</i>	<i>1596</i>

Коефіцієнт переведення явочної чисельності в облікову:

$$K = 240 / 210 = 1.14$$

Розрахунки чисельності основних і допоміжних робітників наведено в таблиці 6.10.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ФЛ71мп.7103.1110.000

Арк.

Таблиця 6.10 - Чисельність основних і допоміжних робітників цеху

Професія, спеціальність	Кваліфікаційний розряд	Явочна чисельність по змінах		Загалом на добу	Коефіцієнт перерахунку явочної чисельності в облікову	Облікова чисельність
		1-а	2-а			
Основні робітники						
Формувальник	IV	1	1	2	1,14	3
Заливальник	V	1	1	2	1,14	3
Стрижнювальник	IV	1	1	2	1,14	3
Вибивальник	III	2	1	3	1,14	4
Разом		5	4	9		13
Допоміжні робітники						
Кранівник	IV	1	1	2	1,14	3
Слюсар по ремонту устаткування	V	1	1	2	1,14	2
Разом	—	2	2	4		5
Управлінський персонал						
Начальник ділянки	—	1	—	1	—	1
Майстер	—	1	—	1	—	1
Разом		2		2		2
Усього працівників		9	7	17		20

6.11 Визначення фонду заробітної плати

Затрати на оплату праці є одним з основних елементів собівартості продукції. Вона складається з:

- основної з/п;
- додаткової з/п;
- інших заохочувальних та компенсаційних витрат.

Основна зарплата – це винагорода за виконану працю відповідно з установленними нормами праці (норми часу, продуктивності, обслуговування, посадові зобов'язання).

Додаткова зарплата – це винагорода за працю окрім установленної норми, за успіхи в праці, за особливі умови праці, за винахідливість. Вона включає

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

доплати, надбавки, премії, пов'язані з виконанням виробничих завдань і функцій.

До інших заохочувальних і компенсаційних виплат належать виплати за підсумками роботи за рік, премії по спеціальних системах і положеннях, компенсаційні грошові і матеріальні виплати, які не передбачені актами законодавства та ін.

Розрахунок фондів заробітної плати управлінського персоналу наведено в таблиці 6.11

Таблиця 4.3 - Розрахунок фонду заробітної плати управлінського персоналу

Професія, посада, спеціальність	Тарифна ставка, грн	Обліковий склад	Плановий фонд працівни- ків, год	Основна заробітня плата, грн	Розрахунок додаткової плати, грн				
					Надбавки та доплати				Разом додаткова зар- плата
					Премія 20%	Особливі умови, 12%	Відпустка, 12%	Інші, 10%	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Основні робітники									
Формувальник	28	3	1840	154560	30912	18547,2	18547,2	15456	83462,4
Заливальник	32	3	1840	176640	35328	21196,8	21196,8	17664	95385,6
Стрижнювальник	28	3	1840	154560	30912	18547,2	18547,2	15456	83462,4
Вибивальник	26	4	1840	191360	38272	22963,2	22963,2	19136	103334,4
Разом		13		677120					365644,8
Допоміжні робітники									
Кранівник	28	3	1840	154560	30912	18547,2	18547,2	15456	83462,4
Слюсар по ремонту устаткування	32	2	1840	117760	23552	14131,2	14131,2	11776	63590,4
Разом		5		272320					147052,8
Управлінський персонал									
			Оклад за мі- сяць		Річний фонд заробітної плати				
Начальник дільниці	—	1	6000		72000				
Майстер	—	1	5000		60000				
Разом		2			132000				

Загальний фонд заробітної плати складає:

$$677120 + 365644,8 + 272320 + 147052,8 + 132000 = 1594137,6 \text{ грн.}$$

6.12 Розрахунок продуктивності праці

Продуктивність праці розраховується як відношення річного об'єму виробництва до облікового складу всіх робітників цеху.

Таким чином, продуктивність праці (Π) – це річний об'єм продукції, виготовленої в розрахунок на одного робітника цеху.

$$\Pi = \frac{G}{\sum \chi},$$

де G - обсяг продукції, виробленої цехом за рік, кг;

$\sum \chi$ - чисельність працюючих всіх категорій.

$$\Pi = 2000/20 = 100 \text{ т/особу}$$

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Розроблення технології виготовлення виливка “Основа”

6.1.1 Загальна характеристика литої деталі

Деталь “Основа” виготовляється із сірого чавуну марки СЧ 15 має масу 21,8 кг та габаритні розміри 263 × 255.

За складністю конфігурації виливок відносяться до третьої групи – виливки середньої складності з наявністю зовнішніх криволінійних поверхонь і внутрішніх отворів наскрізних, які мають складну форму та нерівності.

За масою виливок відноситься до першої групи – малі виливки (10...100 кг).

Деталь “Основа” має важливе призначення. Вона є однією з головних частин механізму, який працює під навантаженням в умовах тертя і високих частот. Переважна товщина стінки 30 мм. Деталь має два наскрізних отвори, 12 кольорів які не відливаються. Також має фаски які не виконуються литвом. Оброблювані поверхні деталі: 140 мм, 74 мм, 233 мм, 49 мм, Ø 249 мм, Ø180 мм, Ø 145 мм, Ø 65 мм, Ø 110 мм, Ø 255 мм із шорсткістю від 0,4 до 0,63 мкм.

Конструкція литої деталі “Основа” відповідає вимогам ливарної технологічності:

- геометрична форма та матеріал деталі сприяють отриманню необхідної кількості виливків із заданими експлуатаційними властивостями та точно геометрією;

					ФЛ71мп.7103.1110.000					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розроб.		Дегерменджі А.В.			ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		Літ.		Арк.	Акрушів
Перевір.										
Н. Контр.							НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФФ			
Затверд.										

- зовнішня поверхня виливка забезпечує безперешкодний вилучення моделі з форми без необхідного застосування від'ємних частин або встановлення стрижня;
- мінімальні перешкоди для вільної усадки;
- максимально вирівняні товщина стінок, наявні раціональні форми різних переходів, спряжень, ребр жорсткості та інших конструктивних елементів, сприяючих зниженню внутрішніх напружень та усуненню дефектів посадкового характеру;
- має достатню кількість отворів для зручності оформлення стрижнями внутрішніх порожнин виливка, виконання обрубних та зачисних операцій, а також транспортування виливка.

Для виливка Основа вибираємо хімічний склад (табл.6.1) та механічні властивості (табл.6.2) чавуну марки СЧ15 відповідно до ГОСТ 1412-85.

Таблиця 6.1 – Масова частка компонентів СЧ15

Елемент	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S%
Рекомендований вміст,%	3,3...3,5	1,4...2,4	0,7...1,0	<0,20	<0,15

Таблиця 6.2 – Механічні властивості СЧ15

Властивість	Числове значення
Границя міцності на розривання, мПа	≥ 150
Твердість. HB	170...229

6.1.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливка

При виборі способу виготовлення виливка приймаємо до уваги характер виробництва, технічні вимоги до виливка, розміри виливка та марку сплаву.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В одиничному, дрібносерійному і серійному виробництві виливки виготовляють литтям у піщані форми (сирі, сухі та хімічно тверді).

У великосерійному та масовому виробництві частіше використовують спеціальні способи лиття, а також лиття у сирі піщані форми, які виготовляються на формувальних машинах або автоматичних лініях.

Враховуючи, що виливок “Основа” відноситься до дрібного литва і виготовляється в умовах серійного виробництва, вибираємо вид технологічного процесу лиття в піщано-глинясті суміші по сирому. Для виготовлення формувальних сумішей використовуємо єдину суміш, тому що в порівнянні з облицювальною сумішшю це є більш економічно вигідно, менші затрати на виготовлення, бо для приготування облицювальної суміші необхідно готувати дві суміші облицювальну та наповнювальну.

Для виготовлення стрижневої суміші використовуємо ХТС (хімічно тверді суміші) основною перевагою, є ефект самотвердіння, тобто вони набувають міцності за нормальною температурою протягом короткого часу без будь-якої зовнішньої дії, в порівнянні із РСС (рідкорухомими сумішами).

Для виготовлення ливарної використовуємо струшувальні машини.

Для виготовлення стрижнів використовуємо піскодувні стрижневі машини.

Складання та заливання форм відбувається на ливарному конвеєрі.

Для виготовлення ливарної форми використовуємо струшувальну машину з до пресування. Виготовлення стрижнів доцільно проводити на піскодувній машині.

Складання форм відбувається на ливарно конвеєрі моделі Л-450.

Заливання форм здійснюється за допомогою поворотних чайникових ковшів.

Після вилучення виливка і форми та обрублення ливникової системи, виливки піддають термічному обробленню. Проводимо відпал при температурі 730°C на протязі 2...4 годин при нагріванні зі швидкістю 70...100°C на

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

годину, та охолодженням зі швидкістю 20...50°C на годину до 200°C із подальшим охолодженням виливків на повітрі.

6.1.3 Обґрунтування положення моделі у формі та вибір площини рознімання моделі і форми

При виборі площини рознімання моделі (форми) керуємося наступними положеннями згідно з ГОСТ 3.112588:

- число рознімів повинно бути мінімальним та по можливості горизонтальним;
- весь виливок або його основну частину слід розміщувати в нижній півформі;
- оброблювальні поверхні розміщувати в нижній частині або вертикально;
- забезпечити зручність, та надійність встановлення стрижнів;
- площа розніму моделі повинна забезпечувати легке вилучення моделі, без виконання відокремлюваних частин;
- забезпечити надійність та можливість контролю правильності складення;
- зручність підведення металу, забезпечення повного заповнення форми;
- забезпечити видалення газів і стрижнів, підведення металу і повного заповнення ним порожнини форми;
- забезпечити направлене твердіння.

Керуючись даними правилами, виливок розміщуємо в верхній і нижній півформі, тобто робимо рознім моделі і форми по осі, такий рознім найкраще забезпечить заповнення форми металом, а також послідовне твердження вилівка, встановлення стрижнів, зручне для видалення моделі.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рознімання моделі і форми показуємо тонкою лінією, яка закінчується знаком “X—X”, над якою показуємо позначення – МФ.

Положення вилівка при заливанні показуємо суцільною основною лінією, обмежену стрілками і перпендикулярного до лінії рознімання (рис. 6.1).



Рисунок 6.1 – Призначення лінії рознімання та положення вилівка у формі на креслені

На рис. 6.2 приведено вибір розміщення та положення вилівка у формі.

6.1.4 Усадка вилівка

Для вилівоків і сірого чавуну лінійна усадка становить 0,9...1,3%, ливарна – 0,8...1,0%, тому усадку приймаємо 1,0%.

6.1.5 Припуски на механічну обробку поверхонь вилівка

Величину припусків на механічне оброблення призначаємо у відповідному до вимог ГОСТ 26645-85. Вибір записуємо до табл. 6.3 та 6.4.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Визначення точності виливка

№	Найменування	Характеристика
1	Вид технологічного процесу	Лиття у сирі форми
2	Тип сплаву	Чавун СЧ15
3	Вага виливку, кг	21,8
4	Найбільший габаритний розмір, мм	255
5	Клас розмірної точності виливка	8
6	Ступінь жолоблення виливка	4
7	Ступінь точності поверхні виливка	11
8	Клас точності маси виливка	8
9	Ряд припусків на механічне оброблення	4

Точність виливка 8–4–11–8 ГОСТ 26645-85.

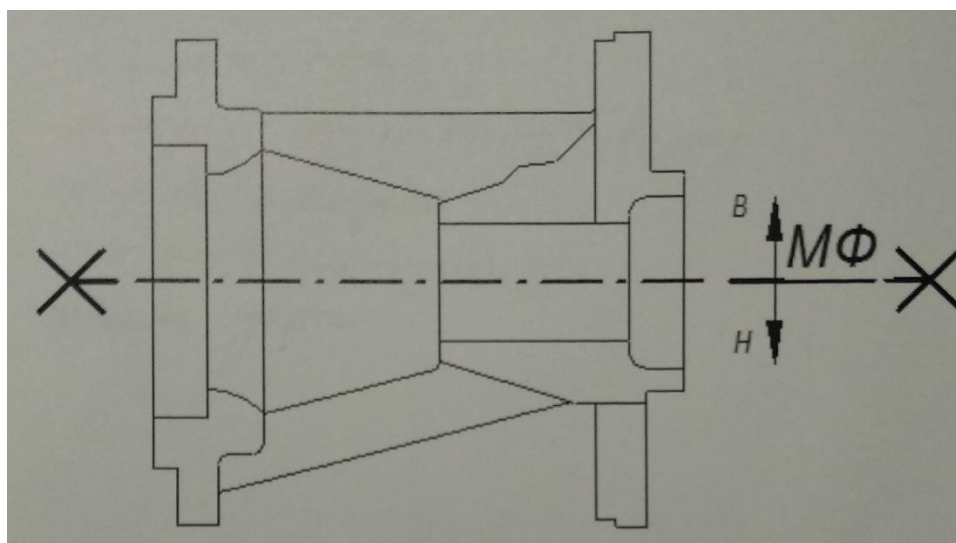


Рисунок 6.2 – Схема вибір розміщення моделі та форми та положення виливка у формі

Припуски на механічне оброблення на кресленику зображуємо суцільною лінією чорного кольору. Значення припуску на механічне оброблення показуємо цифрою перед знаком шорсткості деталі.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.6 Вибір кількості і меж стрижнів

Для формування внутрішніх порожнин виливка або заглибин на ньому використовують стрижні. Встановлення і фіксація стрижня у ливарній формі здійснюється за допомогою стрижневих знаків, конфігурація і розміри яких визначаються розмірами виливка і конфігурацією отворів, що виконуватимуться стрижнями. Вибір стрижневих знаків та зазорів здійснюється залежно від розмірів стрижня та виливка відповідно до вимог ГОСТ 3212-92.

В даному випадку для виконання внутрішньої конфігурації виливка виконуємо два стрижня, відповідної конфігурації. Розміри знакових частин залежать від розмірів робочих частин стрижнів, за допомогою яких будуть відтворюватись порожнини у виливку.

Вибрані розміри стрижневих знаків, уклонів і зазорів між стрижневими знаками та формою вказані на кресленні та представленні в табл.6.4 та зображені на рис.6.3.

Таблиця 6.4 – Розміри стрижневих знаків, формувальні уклони та зазори

Позначення стрижня	Довжина стрижневого знака, мм	Зазор S_1 , мм	Зазор S_2 , мм	Зазор S_3 , мм	Кут α	Кут β
Ст.2	$l_1=50$	0,4	0,4	0,6	6°	8°
	$l_2=40$	0,3	0,3	0,45	10°	15°
Ст.1	$l=42$	0,3	—	—	10°	—

Стрижень та його знаки зображуємо суцільною лінією чорного кольору. Стрижні в розрізі штрихуємо тільки біля контурних ліній.

Також позначаємо стрілками напрям ущільнення стрижнів, напрям виведення газів із стрижня згідно ГОСТ 3.1125-81. Окрім цього також показуємо каркас. Який встановлюється у стрижні Ст.2. Обираємо сталевий дрововий каркас $\varnothing 8$ мм.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

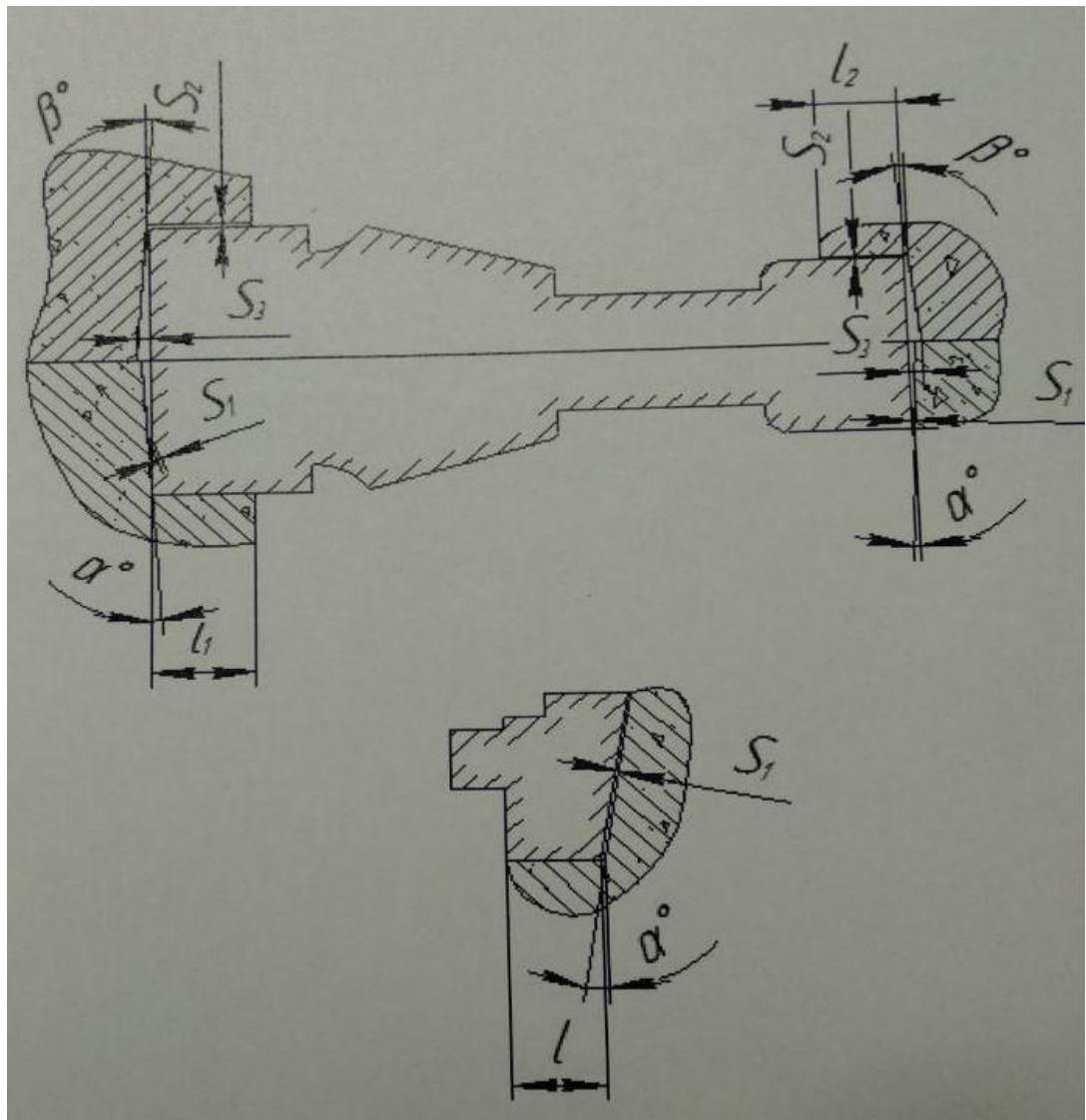


Рисунок 6.3 – Схема розмірів стрижневих знаків, уклонів, зазорів між стрижневим знаком і формою.

6.1.7 Визначення числа виливків у формі та їх розміщення

Опока – пристрій, який слугує для утримання формувальної суміші, надання їй міцності виконання під'ємно-транспортних операцій. Опока включає в себе: рамку, ребра жорсткості, елементи транспортування, елемент центрування та кріплення.

Враховуючи габаритні розміри та масу виливка, а також розміщення елементів ливникової системи у формі розміщуємо чотири виливки, зображено на рис.6.4 схему розташування виливків у формі.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо ширину опоки а формулою:

$$B = 2 \cdot a + 2 \cdot b + d \quad (6.2)$$

де b – ширина виливка, мм;

d – відстань між виливками у формі, мм.

$$B = 2 \cdot 30 + 2 \cdot 250 + 130 = 710 \text{ мм}$$

Розраховуємо висоту нижньої опоки за формулою:

$$M_{\text{н.оп.}} = h_{\text{ниж.мод.}} + b \quad (6.3)$$

де $h_{\text{ниж.мод.}}$ – висота моделі, яка знаходиться в нижній півформі, мм;

$$M_{\text{н.оп.}} = 130 + 70 = 200 \text{ мм}$$

Розраховуємо висоту верхньої опоки за формулою:

$$M_{\text{в.оп.}} = h_{\text{вр.мод.}} + b \quad (6.4)$$

де $h_{\text{вр.мод.}}$ – висота моделі, яка знаходиться в верхній півформі, мм;

$$M_{\text{в.оп.}} = 130 + 60 = 190 \text{ мм}$$

На рис.6.2 зображена схема розрахунку розмірів довжини та ширини опок та на рис.6.3 зображена схема розрахунку висоти нижньої та верхньої опоки.

Відповідно до ГОСТ 15004-69, вибираємо суцільнолиті чавуні опоки з розмірами, мм.

$$L \times B \frac{M_{\text{в.оп.}}}{M_{\text{ниж.оп.}}} = 1000 \times 800 \frac{250}{250}$$

6.3 Характеристика вибраних опок

Маса опок, відповідно верхньої і нижньої, становить по 202 кг кожна.

Центрування опок проводимо за допомогою центруючого і направляючого штирів. Скріплення прилів опок проводимо за допомогою скоб. Транспортування опок, а також готових півформ виконуємо за допомогою цапф. Використання болтів не є доцільним . тому що підйому верхньої півформи внаслідок дії піднімальної сили металу не буде.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

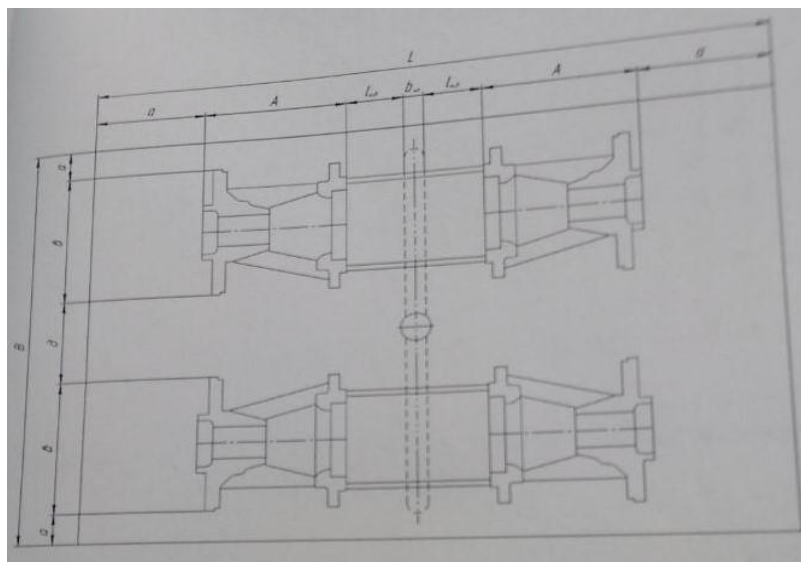


Рисунок 6.2 – Схема розрахунку розмірів довжини та ширини опок

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Розрахунок ливникової системи

6.2.1 Обґрунтування вибраної конструкції ливникової системи і місця підведення металу у форму

Ливникова система – це система каналів і елементів ливарної форми для підведення розплавленого металу в порожнину форми, забезпечення її заповнення і живлення виливка під час його тверднення.

Призначення ливникової системи:

- забезпечити безупинну, рівномірну і спокійну подачу рідкого металу в порожнину форми;
- передбачити живлення виливка рідким металом під час його тверднення й

усадки;

- затримати проникнення шлаку, піску й інших неметалевих вкраплин у форму;

- попередити руйнування форми від дії струменя металу.

Однією з важливих умов отримання якісного виливка являється правильна

конструкція ливникової системи.

Враховуючи розміри виливка, товщину стінки, а також масу, використовуємо

ливникову систему з підведенням розплаву по розніму.

6.2.2 Розрахунок площ елементів ливникових систем

Розрахунок ливникової системи починають з визначення площі найвужчого перетину живильників. а потім за прийнятим співвідношенням визначають площі перетину шлаковловлювача та стояка.

Площу перетину живильників на чотири виливка розраховують за формулою:

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Sigma F_{\text{ж}} = \frac{G_{\text{вил}} \cdot n_{\text{в}} \cdot 1000}{\mu \cdot \square \cdot \rho \cdot \sqrt{2} \cdot g \cdot H_{\text{р}}} \quad (6.5)$$

де $G_{\text{вил}}$ – маса виливка, кг;

$n_{\text{в}}$ – кількість виливків у формі, шт;

μ – коефіцієнт витрат, приймаємо $\mu=0,37$;

τ – оптимальна тривалість заливання металу, с;

ρ – густина рідкого металу: $\rho = 6,9 \text{ г/см}^3$;

g – прискорення вільного падіння: $g = 980 \text{ см/с}^2$;

$H_{\text{р}}$ – розрахунковий метало статичний напір, м;

Масу виливка находимо за наступною формулою:

$$G_{\text{вил}} = (1,15 \dots 1,25) \cdot G_{\text{дет}} \quad (6.6)$$

де $G_{\text{дет}}$ – маса деталі: $G_{\text{дет}} = 21,8 \text{ кг}$.

Тривалість заливання металу розраховуємо за формулою:

$$\square = \frac{c}{v} \quad (6.7)$$

де c – висота виливка в положенні при заливанні: $c = 3 \text{ см}$;

v – середня швидкість підняття рівня металу в формі: $v = 0,9 \text{ см/с}$.

$$\square = \frac{13}{0,9} = 14,4 \text{ с}$$

Розрахунковий метало статичний напір визначаємо за наступною формулою:

$$H_{\text{р}} = H_0 - \frac{p^2}{2 \cdot c} \quad (6.8)$$

де H_0 – напір металу у ливниковій системі: $H_0 = 20 \text{ см}$;

p – відстань по вертикалі від місця підведення металу до верхньої точки виливка: $p = 13 \text{ см}$.

c – висота виливк у положенні при заливанні: $c = 26 \text{ см}$.

$$H_{\text{р}} = 20 - \frac{13^2}{2 \cdot 26} = 19,75 \text{ см}$$

Підставляємо раніше розраховані значення у формулу (6.5) та отримаємо:

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum F_{\text{ж}} = \frac{27,25 \cdot 4 \cdot 1000}{0,37 \cdot 14,4 \cdot 6,9 \cdot \sqrt{2} \cdot 980 \cdot 19,75} = 15 \text{ см}^2$$

За конфігурацією та масою вилівка приймаємо співвідношення елементів ливникової системи:

$$\sum F_{\text{ж}} : \sum F_{\text{шл}} : \sum F_{\text{ст}} = 1,0 : 1,2 : 1,4$$

Відповідно до обраного співвідношення сумарний перетин елементів ливникової системи становить:

$$\sum F_{\text{ж}} = 15 \text{ см}^2; \sum F_{\text{шл}} = 18 \text{ см}^2; \sum F_{\text{ст}} = 21 \text{ см}^2$$

Визначаємо площу поперечного перетину одного живильник за формулою:

$$F_{\text{ж}} = \frac{\sum F_{\text{ж}}}{n_{\text{ж}}} \quad (6.9)$$

де $n_{\text{ж}}$ – кількість живильників у формі, шт.

$$F_{\text{ж}} = \frac{15}{8} = 1,88 \text{ см}^2$$

Визначаємо площу поперечного перетину шлаковловлювача за формулою:

$$F_{\text{шл}} = \frac{\sum F_{\text{шл}}}{n_{\text{шл}}} \quad (6.10)$$

де $n_{\text{шл}}$ – кількість шлаковловлювачів, шт.

$$F_{\text{шл}} = \frac{18}{2} = 9 \text{ см}^2$$

Визначаємо площу стояка в найвузшому перетині за формулою:

$$D_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum F_{\text{ст}}}{\pi}} \quad (6.11)$$

$$D_{\text{ст}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 21}{3,14}} = 5,2 \text{ см} = 52 \text{ мм}$$

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Припуски розмірів

Номінальний розмір, мм	140	233	149	180	145	65	110	255	70	27	16
Мінімальний допуск номінального розміру випливання, мм, не більше	1,6	1,8	1,8	1,8	1,6	1,4	1,6	2,0	1,7	1,1	1
Допуск форм та розміщення елементів випливання, мм, не більше	0,64	1,0	1,0	0,8	0,64	0,5	0,5	1,2	0,5	0,5	0,5
Загальний допуск на номінальні розміри, мм	1,8	2,4	2,4	2,4	1,8	1,8	1,8	2,8	1,8	1,4	1,2
Вид кінцевого оброблення	напівчистове										
Припуск на механічне оброблення, мм, не більше	2,0	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	2,0	2,4	1,8	1,6	1,6

ФДТІ.м. 7103.1110.000

Арк.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ

Охорона праці — система правових, соціально-економічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності [15].

Головним напрямком охорони праці в розвитку ливарного виробництва є створення та впровадження безвідходних та маловідходних прогресивних технологічних процесів виробництва, а також створення на робочих місцях безпечних та комфортних умов праці.

Відділення насичене устаткуванням, яке, як правило, є джерелом наступних шкідливих і небезпечних факторів: надмірна запиленість і загазованість робочої зони, підвищений рівень шуму, вібрацій, які впливають на нервово-психологічний і фізичний стан людини, джерела електричної небезпеки і пожежної небезпеки, а також рухомі механізми, що можуть травмувати чи завдати механічних пошкоджень.

Метою цього розділу є аналіз небезпечних та шкідливих чинників, які можуть мати місце при роботі стрижневого відділення ливарного цеху заводу, розробка заходів і засобів, які спрямовані на мінімізацію їх несприятливого впливу на працюючих та розробка заходів з метою недопущення та мінімізації негативних наслідків надзвичайних ситуацій [15].

7.1 Мікроклімат

Площа цеху складає – 1584 м², об'єм – 14256 м³ розміри цеху: ширина – 42 м, довжина – 66 м, висота – 9 м. Відповідно площа цеху на одного працюючого складає 30 м², на одного виробничого робітника 40 м². Об'єм на одного виробничого робітника – 224 м³, на одного працюючого – 297 м³, що задовольняє вимогам санітарних норм та правил.

					ФЛ71мп.7103.1110.000		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИ- ЧАЙНІЙ СИТУАЦІЇ		
Розроб.	Дегерменджі А.В.						
Перевір.							
Н. Контр.							
Затверд.					НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ФФ		

У склад цеху входять: плавильне відділення, відділення лиття в піщано глинисті форми, відділення фінішних операцій та склад шихтових і формувальних матеріалів.

У цеху виплавляються виливки із чавуну марок: СЧ15, СЧ20 і ВЧ600-1. Метал виплавляється в індукційній електропечі ІЧТ-16/2,5.

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні підтримуємо оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря та інтенсивність теплового випромінювання, які зведені у табл.11.1.

Таблиця 11.1 – Параметри мікроклімату відповідно до ДСН 3.3.6.042–99

Період року	Температура повітря, °С			Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптимальна	Допустима на робочих місцях		оптимальна	допустима	оптимальна	допустима
		постійних	непостійних				
Холодний	17...19	15...21	13...23	40...60	75	0,5	0,4
Теплий	20...22	12...27	15..29	40...60	70	0,3	0,2...0,5

Категорії робіт за ступенем важкості у відділеннях ливарного цеху розподіляються таким чином: плавильне відділення – категорія Пб – роботи пов’язані з ходінням, переміщенням дрібних (до 4 кг) виробів або предметів в положенні стоячи або сидячи, і потребують певного фізичного навантаження;

відділення лиття в піщано-глинисті форми по вогкому – Пб, відділення фінішних операцій та склад шихтових і формувальних матеріалів – Пш. Енерговитрати організму людини при таких категоріях робіт становлять: при Пб – 232...290 Ккал/год, при Пш – 291...349 Ккал/год.

Відповідність вказаних вище значень параметрів мікроклімату буде досягатися утворенням в цеху загальної системи вентиляції, яка повинна забезпечити повітрообмін не менше $60 \text{ м}^3 / (\text{чол. год})$. У цеху передбачено систему повітряного опалення, яка сполучена з приточною вентиляцією, з підігрівом приточного повітря в калориферах. Температура підігрітого повітря не більше 60°C , при подачі його на висоті менше 3,5 метрів від підлоги і на відстані більше 2 метрів, від працівників. На дільницях плавки та заливки система вентиляції повинна забезпечувати допустиме значення температури. У теплий період року допускається перевищення температури не більше, ніж на 3°C середньої температури зовнішнього середовища. При високій температурі повітря організм втрачає відповідну кількість вологи, а разом з нею і солі, які грають важливу роль у життєдіяльності людини.

Для поновлення втрат вологи у цеху заплановано встановити сатуратори – пристрої для роздавання газованої підсоленої води, що містить 0,5% кухонної солі (хлористий натр); газація води має провадитися вуглекислотою. Постачання водою всіх робітників гарячого цеху має провадитися з розрахунку 4...5 л на людину на зміну. Температура питної води $18...20^\circ\text{C}$ [16].

Суттєві фізіологічні зміни в організмі здійснюються також при холодovому впливу, яке приводить до переохолодження організму (гіпотермія). Тому в холодний період року передбачаємо опалення.

В якості теплоносія для обігріву ливарного цеху застосовуємо гарячу воду або пару та застосовуємо припливну вентиляцію для опалення деяких відділень ливарного цеху (відділення лиття в піщано-глинисті форми по вогкому, відділення лиття за моделями, що газифікуються, відділення фінішних операцій та склад шихтових і формувальних матеріалів). В спроектованому

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цеху встановлено приливно-витяжну вентиляцію для забезпечення підвищеного і надійного обміну повітря. Над індукційними печами встановлено допоміжну місцеву витяжну вентиляцію.

У відповідності до ГОСТ 12.1.007-76, шкідливі речовини, що виділяються при роботі цеху, а саме тверді суспензії (пил, зола, дим), оксиди вуглецю, азоту, сірки, магнію, оксиди і солі важких металів, можна поділити на чотири класи небезпеки в залежності від ГДК (гранично допустима концентрація), яка визначається за ГОСТ 12.1.005-88.

7.3 Освітлення

Освітлення у цеху природне та штучне. Освітлення повинно бути достатнім для виконання робіт та відповідати ДБН В 2.5.28-2006. Норми освітленості для різних відділень: склади шихти і формувальних матеріалів, сумішоприготувальне відділення, очисне – 100...150 лк; формувальне, плавильне відділення й ділянка ремонту виливниць – 150...200 лк.

При тривалій роботі на погано освітленому робочому місці здоров'я сприйняття знижується, розвивається короткозорість, з'являються захворювання очей та головні болі. За рахунок постійного напруження зору настає зорове стомлення та втрати уваги, що тягне за собою неточність виконання робіт та травматизм. Тривала робота при високому освітленні може привести до світлобоязні – збільшеної чуйності очей до світла з характерними слюзо-течіями, запаленням слизистої оболонки та роговиці ока.

Для освітлення цеху у світлий період доби застосовується природне бокове освітлення, яке надходить крізь віконні отвори ($S_B=210 \text{ м}^2$) та ліхтарі ($S_{\text{ліх}}=215 \text{ м}^2$).

Розрахуємо КПО:

$$\text{КПО} = \frac{(S_B + S_{\text{ліх}}) \cdot t_{\text{заг}} \cdot r_1 \cdot r_2 \cdot 100}{k_3 \cdot h_B \cdot k_{\text{буд}} \cdot h_{\text{ліх}} \cdot S_{\text{П}}}$$

де S_B , $S_{\text{ліх}}$, $S_{\text{П}}$ – площа вікон, ліхтарів та підлоги у цеху;

						ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$k_3 = 1,3$ – коефіцієнт запасу, враховує зниження світло пропускання вікон і середовища;

$h_B, h_{\text{ліх}}$ – світлова характеристика вікон та ліхтарів, $h_B = 9,5$, $h_{\text{ліх}} = 4,5$;

$k_{\text{буд}}$ – коефіцієнт, що враховує затінення вікон будівлями, які розташовані навпроти, $k_{\text{буд}} = 1$;

$t_{\text{заг}}$ – загальний коефіцієнт світло пропускання, $t_{\text{заг}} = 0,65$;

r_1, r_2 – коефіцієнт, що враховує підвищення КПО при боковому освітленні та при верхньому освітленні, $r_1, r_2 = 2,1$;

З формули можемо знайти значення КПО:

$$\text{КПО} = \frac{(210 + 215) \cdot 0,65 \cdot 2,1 \cdot 2,1 \cdot 100}{1,3 \cdot 9,5 \cdot 1 \cdot 4,5 \cdot 1584} = 1,38$$

Таким чином коефіцієнт природного освітлення в ливарному цеху становить 1,38 %, а нормативний КПО при комбінованому освітленні має становити 3% (ДБН В 2.5.28-2006).

Отже приміщення ливарного цеху не забезпечується необхідним природним освітленням, тому у денний період потрібно застосовувати суміщене освітлення.

В темний період доби застосовується штучне освітлення, для якого використовуються газорозрядні лампи. При огляді та змазуванні устаткування штучне освітлення повинно бути не менше 400 лк, тому рекомендується застосовувати переносні акумуляторні світильники напругою 12...36 В. Для цього передбачаємо наявність в цеху певної кількості розеток для підзарядки акумуляторів світильників. Для створення більшої освітленості льоток печей застосовують прожектори.

Ливарний цех має: довжину 44 м, ширину 36 м, висоту 9 м.

Розрахунок проводимо методом світлового потоку по формулі:

$$\Phi = \frac{E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}$$

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де E – нормована освітленість, лк

Нормовану освітленість E приймаємо відповідно до ДБН В 2.5.28-2006–
 $E = 200$ лк при високій точності зорових робіт та найменшим розміром об'єкта розпізнавання 1...5 мм.

S – площа приміщення, що освітлюється, m^2

$$S = 44 \cdot 36 = 1584 \text{ м}^2$$

K_z – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забруднення та старіння ламп, $K_z = 1,8$ – для ливарних цехів при освітленні газорозрядними лампами;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,15$ – при використанні ртутних дугових ламп;

N – кількість світильників;

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками L та висоти їх підвісу h .

$$L = 0,6 \sqrt{11,5} = 6,9$$

Визначаємо необхідну кількість світильників за формулою:

$$N = \frac{S}{L^2}$$

$$N = \frac{1584}{6,9^2}$$

Приймаємо 42 шт.

n – кількість ламп у світильнику, у кожному світильнику встановлено по дві лампи; (що це за дволампові світильники для ливірного цеху?) $n = 1$, тип – світильник ГсУ.

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Коефіцієнт η визначається за світлотехнічними таблицями залежно від показника приміщення i , коефіцієнтів відбиття стін та стелі.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Показник приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)}$$

де А і В – довжина і ширина приміщення, м; А=48 м, В=36 м.

h– висота світильника над робочою поверхнею, м; h= 9 -0,5= 8,5 м.

Тип світильників приймаємо ГсУ висота, який h=0,5 м.

$$i = \frac{44 \cdot 36}{8,5 \cdot (44 + 36)} = 2,3$$

За таблицею 3.25 коефіцієнт використання світлового потоку світильника ГсУ (світильник ГсУ – одноламповий) при ρ стелі = 70% і ρ стін = 50% при $i = 2,3$ ($i = 2,3$ немає) $\eta = 0,88$.

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,8 \cdot 1584 \cdot 1,15}{42 \cdot 2 \cdot 0,88} = 8871 \text{ лм}$$

Приймаємо ртутні дугові лампи типу ДРЛ 250, які мають світловий потік 12000 лм.

Визначимо сумарну електричну потужність усіх світильників, встановлених в приміщенні:

$$\sum P_{\text{св}} = P_{\text{св}} \cdot N \cdot n = 250 \cdot 42 \cdot 1 = 58,8 \text{ кВт}$$

Світильники розташовані у 6 рядів по 7 шт у кожному ряду.

Під час технологічного процесу в цеху на всіх стадіях оброблення матеріалів можлива дія шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Основні з них: запиленість, виділення газів та пару, виділення небезпечних речовин, надмірне виділення тепла, збільшений рівень шуму та вібрації, наявність рухомих машин та механізмів, рухомих частин виробничого устаткування.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.4 Інфрачервоне випромінювання

Джерелами інфрачервоного випромінювання є індукційні електропечі. В процесі заливання металу, твердіння виливків, транспортування їх на ділянцю охолодження, робітники знаходяться в зоні інфрачервоного випромінювання. Згідно ДСН 3.3.6.042 – 99, тепловий потік в робочій зоні не повинен перевищувати 140 Вт/м². Обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту. Інфрачервоне випромінювання може визвати ряд патологічних змін в організмі людини: кон'юнктивіт, помутніння кришталика, опік сітчатки, порушення в серцево-судинній та нервовій системах. Вплив ультрафіолетового випромінювання аналогічний інфрачервоному випромінюванню.

Вплив ультрафіолетового випромінювання викликає запалення, приводить до електрофтальмії, впливає на органи зору. Також як і при інфрачервоному випромінюванні використовують засоби індивідуального захисту (спеціальний одяг, окуляри, мазі).

При систематичних перегріваннях з'являється збільшене сприйняття щодо простудних захворювань, збільшується втомлюваність.

Плавка сплавів супроводжується виділенням тепла, а також шкідливих газів (CO₂, SO₂, оксидів магнію, азоту та заліза, парів берилію). Тому у відділенні встановлені пристрої вентиляції. Над індукційними печами встановлено допоміжну місцеву витяжну вентиляцію.

При впливі електромагнітного поля в крові людини (в електролітах) виникають іонні поля, які прибавляються або віднімаються до основних, що приводить до змін біоелектричних процесів в організмі. Тому електромагнітні поля представляють собою професійну шкідливість. Згідно ДСН 239-96, граничнодопустимі величини напруженості складових поля на робочих місцях є:

- а) електрична складова – 5 А/м;
- б) магнітна складова – до 20 В/м.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В якості індивідуальних засобів захисту використовують одяг із радіо тканин.

У формувально-заливальному відділенні відбувається заливання форм рідким металом, при контакті металу з моделлю виділяються шкідливі гази. Тому на дільниці передбачена місцева витяжна вентиляція.

7.5 Шум та вібрація

У відділенні фінішних операцій при очищенні виливків, шум перевищує припустимі межі (92...101 ДБ)та вібрація [15].

Головними шумовими агрегатами буде робота витяжної вентиляції марки С4.70-3.2, яка знаходиться над плавильними печами, дугові печі ИЧТ-16/2,5, формувальна лінія ИЛ225, вибивні грати. Характер шуму вентиляції тональний. Тривалість роботи вентиляції залежить від тривалості роботи плавильної печі(8 годин на зміну). Фактичний шум від вентиляції складає 65 дБА. Нормування тонального шуму здійснюється відповідно з ГОСТ 12.1.003-83 [18].

Шум спричиняє шкідливий вплив на організм людини, та в першу чергу на центральну нервову систему та серцево-судинну систему, призводить до їх захворювань, сприяє зниженню продуктивності праці та збільшенню втомлюваності, викликає захворювання органів слуху. Тривалий вплив шуму може привести до погіршення слуху, а в окремих випадках – до глухоти. Для захисту від впливу шуму використовують протишумові навушники. Параметри, які нормуються , визначаються ДСН 3.3.6.037-99. Рівень звуку на робочих місцях допускається до 75 дБА. Причиною шуму в цеху є повітродувні насоси печей, конвеєри, крани. Шум не повинен перевищувати 80 дБ, згідно ДСН 3.3.6.037-99.

Для послаблення шуму необхідно замінити ударні дії безударними, зворотно-поступальні рухи механізмів, які обертаються, зменшувати масу та величину поверхонь прилягання частин, які разом вдаряються. Над обладнанням, яке шумить, повинні знаходитись шумопоглиначі – плоскі або об'ємні

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

звуко поглинаючі елементи. Повітря-та газопроводи повинні бути устатковані глушниками. Для зменшення вібрації, яка спричинена коливальними рухами, необхідно максимально урівноважити частини, що обертаються, зменшите розбавтаність окремих частин.

Для усунення динамічного ефекту обладнання, яке викликає вібрацію, повинно бути переставлено з середини прогону до опор або на більш жорсткі елементи конструкції. Агрегати треба встановлювати на самостійні фундаменти, що послабить передачу коливань по будівним конструкціям.

Вібрація – це механічні коливання пружних тіл або коливальні рухи механічних систем.

Джерелами вібрації в цеху мають бути машини з обертовими частинами (електродвигуни, формувальні та стрижневі машини, вибивні грати тощо). В якості ослаблювача вібрації використовують амортизатори (сталеві пружини, ресори, гумові прокладки).

Для переміщення вантажів у цеху використовують мостові крани. Вантажопідйомні машини та механізми (крани) повинні проходити статичні випробування. Перед роботою та в процесі експлуатації необхідно проводити огляд найбільш навантажених та відповідальних деталей вантажопідйомних механізмів.

Вібрація може бути причиною порушення діяльності центральної нервової системи, дихальних органів, збільшення тиску. Припустимий рівень вібрації в ливарному цеху 100 Дб.

7.6 Запиленість та загазованість

Згідно з ГОСТ 12.1.005–88 пил, який виділяється (діоксид кремнію), відноситься до фіброгенних речовин. Пил, який попадає у організм людини через дихальні шляхи, може привести до розвитку професійних захворювань, пилового бронхіту, силікозу, пневмоконкозу.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Джерелами забруднення атмосфери в таких цехах будуть індукційні плавильні печі, формувальні лінії, агрегати для термічного оброблення, нагрівальні печі, що працюють на рідкому і газоподібному паливі, а також дробоструминні, дробоскидувальні камери. В процесі роботи цих агрегатів та установок в атмосферу викидаються пари й продукти горіння мастил, аміак, ціанистий водень, пил та ін. Основним видом пилу в дільниці є випари мастил від масляних печей.

Вміст шкідливих речовин у атмосфері повітря не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК) ГОСТ 12.1.005-88. Для усунення кварцового пилу використовують пиловловлювачі –циклони.

7.7 Електробезпека

Згідно з ПУЕ - 97, відділення ливарного цеху з точки зору безпеки ураження людини електричним струмом відносяться до: плавильне відділення та відділення відцентрового лиття - III-ї категорії – особливо небезпечні, в приміщенні знаходяться індукційні печі, чинниками особливої небезпеки в приміщенні є температура, яка перевищує 35 °С наявність струмопровідної підлоги, можливість одночасного доторкання людини до неструмовідних частин електроустановки і до металоконструкції, що мають контакт з землею; відділення лиття в піщано-глинисті форми по вогкому– II-ї категорії чинники, що створюють в приміщенні небезпеку – наявність струмопровідної підлоги; відносна вологість більше 75%, але менше насичення, можливість одночасного доторкання людини до неструмовідних частин електроустановки і до металоконструкції, що мають контакт з землею; відділення лиття за моделями, що газифікуються – II-ї категорії – наявність струмопровідної підлоги; відносна вологість більше 75%, але менше насичення; можливість одночасного доторкання людини до неструмовідних частин електроустановки і до металоконструкції, що мають контакт з землею; відділення фінішних операцій та склад шихтових і формувальних матеріалів – I-ї категорії, в приміщенні відсутні чинники підвищеної та особливої небезпеки.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електроустановки, що розташовані в приміщеннях цеху живляться напругою 380В.

Основними джерелами ураження електричним струмом є індукційні електропечі, електрифіковане підйомне-транспортне устаткування та ін.

Небезпека ураження може виникнути в результаті короткого замикання, іскріння, ушкодження ізоляції.

Вважають небезпечним струм у 25 мА, при якому важко самотійно відірватися від провідника, а струм величиною у 100 мА може призвести до смерті. Для напруги 42 В найбільш небезпечний змінний струм, а більше 42 В вплив однаковий, як постійного, так і змінного струму.

Найбільш небезпечна частота 50...60 Гц.

Причинами ураження електричним струмом можуть бути:

1. Доторкання до частин електроустановок, що випадково знаходяться під струмом внаслідок замикання фази на корпус, ушкодження ізоляції або інші несправності.
2. Ураження електричним струмом через електропровідну підлогу.
3. Ремонт обладнання при підключеному до нього живленні.

Небезпека ураження електричним струмом збільшується при невиконанні правил експлуатації електрообладнання, термінів ремонту обладнання. Дія електричного струму може викликати опіки, механічні ушкодження організму людини. Всі струмовідні частини електроустановок ізолювані, що забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність падань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок.

Корпуси електроустановок, які працюють в цеху з'єднані з землею за допомогою струмопровода малого опору – шунта, що забезпечує захисне заземлення, за рахунок паралельно можливого включення людини в мережу замикання на землю струмопровід малого опору (шунт), за рахунок чого зменшується струм, що проходить через людину. Крім того, захисне заземлення зменшує.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожний рік проводиться перевірка опорів і захисту електрообладнання, обов'язкова перевірка ізоляції дротів.

Розрахунок захисного заземлення печі ІЧТ згідно "Правилам пристроїв електрообладнання" опір, що допускається пристроєм, який заземляється має напругу до 1000 В та потужність більш ніж 400 кВА дорівнює 4 Ом.

7.8 Протипожежна безпека

Для забезпечення протипожежної безпеки повинні бути обладнані стенди з засобами пожежогасіння (пісок, вогнегасники, лопати, лом, відро та ін.) на всіх ділянках.

Можливі причини виникнення пожегів в цеху: запалення газів при плавленні сплавів, запалення легко летючих матеріалів, коротке замикання.

Категорія виробництва за пожежною безпекою Г (ДСТУ Б В.1.1-36:2016).

оскільки характер виконуваних робіт пов'язаний з наявністю речовин, що не згорають, і матеріалів в гарячому та розплавленому вигляді, процес обробки яких супроводжується виділенням променевого тепла, іскор та полум'я.

Електричні проводи, які зайнялися, необхідно гасити вогнегасниками ОП-1, ОП-2, ОП-5, ОП-10. Ліквідація запалення повинна проводитися при відключеній напрузі.

Згідно ДНАОП 0.00-1.32-01 ступінь вогнетривкості цеху – 3 години. В цеху є зовнішній трубопровід, який має гідранти. Також передбачені проходи, проїзди. Кількість вогнегасників визначається із розрахунку 1 вогнегасник на 100 м² площі цеху. Виходячи із площі цеху 1584 м², приймаємо 20 вогнегасників.

Складські приміщення, де зберігаються легко летючі матеріали, обладнані пристроями для тушіння пожег, установками дощового та виходи на випадок евакуації.

Побутові приміщення устатковані внутрішнім пожежним трубопроводом (на кожному поверсі по 2 пожежних гідранта).

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гарячі поверхні трубопроводів, опалювального устаткування ізольовані матеріалами, які не горять.

Для запобігання пожежі необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки та правил експлуатації електроустаткування. Застосування рідин, які легко займаються, та летючих рідин допускається тільки у витяжних шафах.

Також вагомий внесок у збереження приміщень від пожежі вносить суворе дотримання загальних правил протипожежної безпеки, що встановлені законодавством і діють в спроектованому цеху.

Зміст правил повинен бути викладений на дошках чи об'явах безпосередньо у виробничих та допоміжних приміщеннях цеху. В нашому випадку надзвичайною ситуацією може бути пожежа. Вона відноситься до надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Горіння може бути гомогенним та гетерогенним. В даному випадку пожежа може характеризуватись гетерогенним горінням. За швидкістю поширення полум'я горіння поділяється на дефлаграційне, вибухове та детонаційне.

В даному випадку може виникнути дефлаграційне горіння, при якому швидкість полум'я в межах декількох м/с.

У цеху усі установки живляться електричним струмом, тому для їх гасіння використовуються вогнегасники типу ОУ-2, ОУ-5 (при напрузі 220В) та порошкові вогнегасники (напруга до 1000 В) – МГС (порошок на основі графіту).

Відповідальні особи перед закриттям приміщення проводять ретельний огляд. Перекривають воду та обезструмлюють усі установки.

Ключі здають черговому вахтеру.

Якщо пожежа трапилась, потрібно виконувати наступні правила:

- не створювати паніки;
- чітко усвідомлювати порядок виходу з приміщень;
- допомагати іншим робітникам в разі необхідності.

7.10 Забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до причин походження подій, що можуть зумовити виникнення НС на території України, розрізняються: вввв НС техногенного характеру – транспортні аварії (катастрофи), пожежі, вибухи, аварії з викиданням (загрозою викидання) небезпечних та шкідливих хімічних та радіоактивних речовин, раптове руйнування споруд; аварії в електроенергетичних системах, системах життєзабезпечення, системах зв'язку та телекомунікацій, на очисних спорудах, у системах нафтогазового промислового комплексу, гідродинамічні аварії та ін.;

НС природного характеру – небезпечні геологічні, метеорологічні, гідрологічні явища, деградація ґрунтів чи надр, пожежі у природних екологічних системах, зміни стану повітряного басейну, інфекційна захворюваність та масове отруєння людей, інфекційні захворювання свійських тварин, а саме сільськогосподарських, масова загибель диких тварин, ураження сільськогосподарських рослин хворобами та шкідниками і т. ін.;

НС соціально-політичного характеру, пов'язані з протиправними діями терористичного і антиконституційного спрямування: збройні напади, захоплення і силове утримання важливих об'єктів або реальна загроза здійснення таких акцій; збройні напади, захоплення і силове утримання атомних електростанцій або інших об'єктів атомної енергетики або реальна загроза здійснення таких акцій; замах на життя керівників держави та народних депутатів України; напад, замах на життя членів екіпажу повітряного або морського (річкового) судна, викрадення (спроба викрадення), знищення (спроба знищення) таких суден; захоплення заручників з числа членів екіпажу чи пасажирів, установлення вибухового пристрою у багатолюдних місцях, установі, організації, на підприємстві, у житловому секторі, на транспорті; зникнення або викрадення зброї та небезпечних речовин з об'єктів їх зберігання, використання, перероблення та під час транспортування; виявлення застарілих боєприпасів, аварії на арсеналах, складах боєприпасів та інших об'єктах військового призначення з викиданням уламків, реактивних та звичайних снарядів, нещасні випадки з людьми та ін.

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В разі пожежі безпечну евакуацію людей забезпечують евакуаційні виходи. На рис.11.1 представлено план евакуації з приміщення.

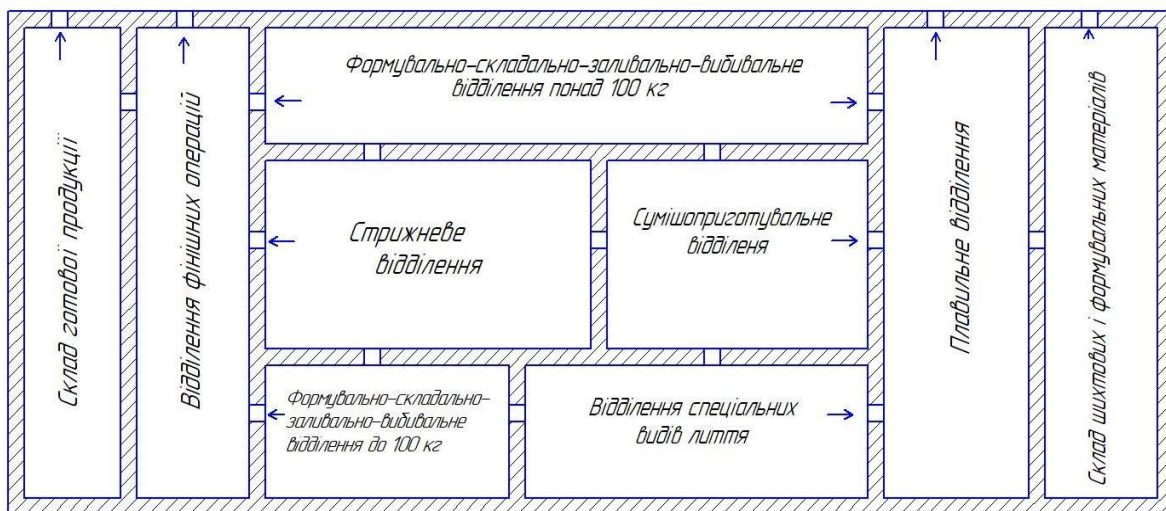


Рисунок 11.1 – План евакуації цеху

НС воєнного характеру, пов'язані з наслідками застосування звичайної зброї або зброї масового ураження, під час яких виникають вторинні чинники ураження населення, що визначаються окремими нормативними документами і тому в цьому класифікаторі не деталізовані, а зазначені на найвищому рівні деталізації в угрупованні з кодом 40000 "НС воєнного характеру".

Серед техногенних та найбільш вірогідних надзвичайних ситуацій в цеху може бути пожежа. Вона відноситься до надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Горіння може бути гомогенним та гетерогенним.

В даному випадку пожежа може характеризуватись гетерогенним горінням. За швидкістю поширення полум'я горіння поділяється на дефлаграційне, вибухове та детонаційне. При дефлаграційному горінні швидкість полум'я в межах декількох м/с.

У цеху усі установки живляться електричним струмом, тому для їх гасіння використовуються вогнегасники типу ОУ-2, ОУ-5 (при напрузі 220В) та порошкові вогнегасники (напруга до 1000 В) – МГС (порошок на основі графіту).

					ФЛ71мн.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідальні особи перед закриттям приміщення проводять ретельний огляд. Перекривають воду та обезструмлюють усі установки. Ключі здають черговому вахтеру.

Якщо пожежа трапилась, потрібно виконувати наступні правила:

- не створювати паніки;
- чітко усвідомлювати порядок виходу з приміщень;
- допомагати іншим робітникам в разі необхідності.

7.11 Висновки

В даній роботі проведений аналіз шкідливих та небезпечних факторів, які передбачають умови, при яких може виникнути небезпека ураження організму. Запропоновано заходи для уникнення травмування.

Отже, на основі вище зазначеного можна зробити висновок, що мікроклімат, організація робочого місця, освітлення в цеху відповідають вимогам санітарних норм. А рівень шуму, вібрацій та випромінювання не перевищує допустимих норм.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Розрахунок основних технологічних та конструктивних параметрів машини

Вихідні дані:

1. Розмір опоки в світу

$$A \times B \times H = 1250 \times 1000 \times 300 \text{ мм};$$

2. Середня ступінь ущільнення суміші

$$\rho = 1,7 \text{ г/см}^3$$

3. Тиск повітря в мережі

$$p_0 = 5 \text{ кг/см}^2;$$

Струшувальна формувальна машина з поршневим розподіленням та з відсіканням та розширенням повітря.

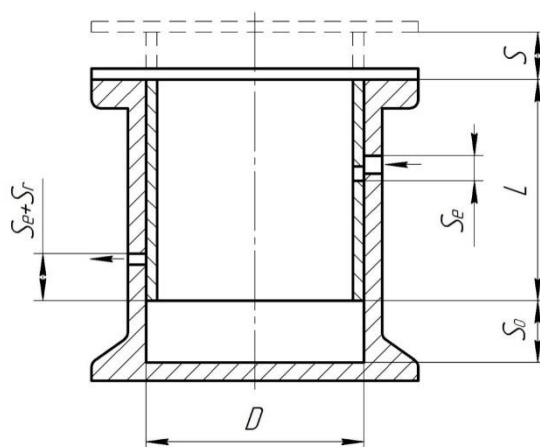


Рисунок 7.1 – Розрахункова схема струшувальної формувальної машини.

де D – діаметр поршня; L – довжина поршня; S – висота підйому;

S_e – висота підйому; S_r – шлях розширення; S_0 – висота шкідливого простору.

					ФЛ71мп.7103.1110.000		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>Конструкторська частина</div> <div>НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ІФФ</div>		
Розроб.	Дегерменджи А.В.						
Перев.							
Т.контр.	Сиропоршнев						
Затверд.							

7.1 Визначаємо масу корисного навантаження

Масу корисного навантаження визначаємо по наступній формулі:

$$Q_1 = Q_{\text{оп}} + Q_{\text{сум}} + Q_{\text{мод.осн.}}, \text{ кг} \quad (7.1)$$

де Q_1 – маса корисного навантаження, кг;

$Q_{\text{оп}}$ – маса опоки, кг;

Визначаємо масу опоки по ГОСТу 14985-69. $Q_{\text{оп}}=487$ кг.

$Q_{\text{сум}}$ – маса суміші в опоці, кг;

Визначаємо масу суміші в опоці по наступній формулі:

$$Q_{\text{сум}} = A \cdot B \cdot H \cdot \delta, \text{ кг} \quad (7.2)$$

де $Q_{\text{сум}}$ – маса суміші в опоці, кг;

A – довжина опоки, м;

B – ширина опоки, м;

H – висота опоки, м;

δ – ступінь ущільнення суміші в опоці, кг/м³.

Підставивши значення у формулу (4.2) отримаємо:

$$Q_{\text{сум}} = 1,2 \cdot 1,0 \cdot 0,4 \cdot 1700 = 816 \text{ кг.}$$

$Q_{\text{мод.осн.}}$ – маса модельної оснастки, кг.

Визначаємо масу модельної оснастки шляхом визначення маси модельної плити і маси моделі. Модельна плита вибирається по ГОСТу 20117-74. Приймаємо масу модельної плити 295 кг.

Підставивши значення у формулу (4.1) отримаємо:

$$Q_1 = 487 + 816 + 289 = 1592 \text{ кг.}$$

9.2 Визначаємо масу рухомих частин машини

Визначаємо масу рухомих частин машини по наступній формулі:

$$Q_2 = k \cdot Q_1, \text{ кг} \quad (7.3)$$

де Q_2 – маса рухомих частин машини, кг;

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

k – коефіцієнт який залежить від корисного навантаження.

Приймаємо $k=1.25$.

Q_1 – маса корисного навантаження, кг.

Підставивши значення у формулу (4.3) отримаємо:

$$Q_2 = 1,25 \cdot 1592 = 1990 \text{ кг.}$$

9.3 Визначаємо загальну вантажопід'ємність струшувального механізму

Загальну вантажопід'ємність струшувального механізму визначають за формулою:

$$Q = Q_1 + Q_2, \text{ кг} \quad (7.4)$$

де Q – загальна вантажопід'ємність струшувального механізму, кг;

Q_1 – маса корисного навантаження, кг;

Q_2 – маса рухомих частин машини, кг.

Підставивши значення у формулу (4.4) отримаємо:

$$Q = 1592 + 1990 = 3582 \text{ кг.}$$

9.4 Визначаємо силу тертя при переміщенні поршня

Силу тертя при переміщенні поршня визначаємо по наступній формулі:

$$R = k_1 \cdot Q, \text{ кг} \quad (7.5)$$

де R – сила тертя при переміщенні поршня, кг;

k_1 – коефіцієнт який вибирається в залежності від вантажопід'ємності машини. Вибирають з [1] і він залежить від навантаження $k_1 = 0,15 \dots 0,25$.

Приймаємо $k_1 = 0,20$;

Q – загальна вантажопід'ємність струшувального механізму, кг.

Підставивши значення у формулу (4.5) отримаємо:

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R = 0.20 \cdot 3582 = 716,4 \text{ кг.}$$

9.5 Визначаємо площу струшувального поршня

Площу струшувального поршня визначаємо по наступній формулі:

$$F(p_o - 1) = Q + R, \text{ см}^2 \quad (7.6)$$

де F – площа поршня, см^2 ;

p_o – тиск повітря в мережі, кг/см^2 ;

Q – загальна вантажопід'ємність струшувального механізму, кг ;

R – сила тертя при переміщенні поршня, кг .

Із формули (4.6) визначаємо площу поршня:

$$F = \frac{Q + R}{p_o - 1}, \text{ см}^2$$

Підставивши значення у формулу (4.6) отримаємо:

$$F = \frac{3582 + 716,4}{5 - 1} = 1074,6 \text{ см}^2 = 0,10746 \text{ м}^2$$

З урахуванням витоку стисненого повітря $F = 0,1000 \text{ м}^2$.

4.6 Визначаємо діаметр струшувального поршня

Діаметр струшувального поршня визначаємо по формулі:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \text{ м} \quad (7.7)$$

де D – діаметр струшувального поршня, м ;

F – площа поршня, м^2 .

Підставивши значення у формулу (4.7) отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,10}{3,14}} = 0,357 \text{ м} \approx 360 \text{ мм.}$$

Будуємо індикаторну діаграму струшувального механізму

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.7.1 Розраховуємо опорні точки діаграми

Шлях наповнення для струшувальних формувальних машин по рекомендації [1] приймати $S=(0,4...0,5)S$.

Приймаємо висоту підйому поршня $S=5,0$ см.

7.7.1.1 Розраховуємо координати точки 1, яка відповідає початку руху поршня.

Розраховуємо тиск повітря в т.1 по наступній формулі:

$$P_1 = 1 + \frac{Q + R}{F}, \text{ кг/см}^2 \quad (7.8)$$

де P_1 – тиск повітря в т.1, кг/см²;

Q – загальна вантажопід'ємність струшувального механізму, кг;

R – сила тертя при переміщенні поршня, кг;

F – площа поршня, см².

Підставивши значення у формулу (4.8) отримаємо:

$$P_1 = 1 + \frac{3582 + 716,4}{1074,6} = 5 \text{ кг/см}^2$$

Визначаємо висоту підйому поршня по наступній формулі:

$$S_1 = S_0, \text{ см} \quad (7.9)$$

де S_1 – висота підйому поршня відповідає т.1, см;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

Для поршневого розподілення повітря

$$S_0 = (0,75 \dots 1) \cdot S, \text{ см} \quad (7.10)$$

де S_0 – висота шкідливого простору, см;

S – висота підйому поршня, см.

Підставивши значення у формулу (4.10) отримаємо:

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_0 = 1 \cdot S = 5,0 \text{ см.}$$

Підставивши значення у формулу (4.9) отримаємо:

$$S_1 = 5,0 \text{ см.}$$

9.7.1.2 Розраховуємо координати точки 2, яка відповідає моменту відсікання повітря, закритий впускний отвір.

Розраховуємо тиск повітря в т.2 по наступній формулі:

$$P_2 = P_1 + (0.5 \dots 1.0), \text{ кг/см}^2 \quad (7.11)$$

де P_2 – тиск повітря в т.2, кг/см²;

P_1 – тиск повітря в т.1, кг/см².

Підставивши значення у формулу (4.11) отримаємо:

$$P_2 = 5 + 1 = 6 \text{ кг/см}^2.$$

Визначаємо висоту підйому поршня по наступній формулі:

$$S_2 = S_0 + S_e, \text{ см} \quad (7.12)$$

де S_2 – висота підйому поршня, см;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_e – шлях наповнення, см. Шлях наповнення відповідно рекомендаціям

Аксьонова П. Н. [2] визначається по наступній формулі:

$$S_e = (0.4 \dots 0.5) \cdot S, \text{ см} \quad (7.13)$$

де S_e – шлях наповнення, см;

S – висота підйому поршня, см.

Підставивши значення у формулу (9.13) отримаємо:

$$S_e = 0,5 \cdot 5,0 = 2,5 \text{ см.}$$

Підставивши значення у формулу (9.12) отримаємо:

$$S_2 = 5,0 + 2,5 = 7,5 \text{ см.}$$

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.7.1.3 Розраховуємо координати точки 3, яка відповідає відкриттю вихлопного отвору.

Шлях розширення по рекомендації [1] визначаємо по наступній формулі:

$$S_r = (0,2 \dots 0,4) \cdot S_g, \text{ см} \quad (7.14)$$

де S_r – шлях розширення, см;

S_g – шлях наповнення, см.

Підставивши значення у формулу (9.14) отримаємо:

$$S_r = 0,4 \cdot 2,5 = 1,0 \text{ см.}$$

Визначаємо висоту підйому поршня по наступній формулі:

$$S_3 = S_0 + S_g + S_r, \text{ см} \quad (7.15)$$

де S_3 – висота підйому поршня на рівень відкриття вихідних отворів, см;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_g – шлях наповнення, см;

S_r – шлях розширення, см.

Підставивши значення у формулу (9.15) отримаємо:

$$S_3 = 5,0 + 2,5 + 1, = 8,5 \text{ см.}$$

Розраховуємо тиск повітря в т.3 по наступній формулі:

$$P_3 = P_2 \cdot \left(\frac{S_0 + S_g}{S_0 + S_g + S_r} \right)^k, \text{ кг/см}^2 \quad (7.16)$$

де P_3 – тиск повітря в т.3, кг/см²;

P_2 – тиск повітря в т.2, кг/см²;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_g – шлях наповнення, см;

S_r – шлях розширення, см ;

k – показник адіабати, $k = 1,41$.

Підставивши значення у формулу (9.16) отримаємо:

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_3 = 6 \cdot \left(\frac{5,0 + 2,5}{5,0 + 2,5 + 1,0} \right)^{1,41} = 5 \text{ кг/см}^2.$$

9.7.1.4 Розраховуємо координати точки 4, яка відповідає максимальній висоті підйому поршня та тиску повітря при якому поршень під дією свого навантаження починає падати вниз.

Розраховуємо тиск повітря в т.4 по наступній формулі [1]:

$$P_4 = 1 + 0,2, \text{ кг/см}^2 \quad (7.17)$$

де P_4 – тиск повітря в т.4 при якому поршень під дією свого навантаження починає падати вниз, кг/см²;

Підставивши значення у формулу (9.17) отримаємо:

$$P_4 = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ кг/см}^2.$$

Визначаємо висоту підйому поршня по наступній формулі:

$$S_4 = S_0 + S_g + S_r + S_i, \text{ см} \quad (7.18)$$

де S_4 – максимальна висота підйому поршня, см;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_g – шлях наповнення, см;

S_r – шлях розширення, см;

S_i – шлях поршня по інерції, см.

Формулу (4.18) можна записати так:

$$S_4 = S_0 + S, \text{ см} \quad (7.19)$$

де S_4 – максимальна висота підйому поршня, см;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S – висота підйому поршня, см.

Підставивши значення у формулу (7.19) отримаємо:

$$S_4 = 5,0 + 5,0 = 10 \text{ см.}$$

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.7.1.5 Розраховуємо координати точки 5, яка відповідає закриванню вихлопного отвору.

Розраховуємо тиск повітря в т.5 по наступній формулі [1]:

$$P_5 = 1 + (0,1 \dots 0,15), \text{ кг/см}^2 \quad (7.20)$$

де P_5 – тиск повітря в т.5.

Підставивши значення у формулу (7.20) отримаємо:

$$P_5 = 1 + 0,1 = 1,1 \text{ кг/см}^2.$$

Значення на яке опускається поршень в т.5 відповідає значенню в т.3:

$$S_5 = S_3 = 8,5 \text{ см.}$$

7.7.1.6 Розраховуємо координати точки 6, яка відповідає відкриттю впускного отвору.

Розраховуємо тиск повітря в т.6 по наступній формулі :

$$P_6 = P_5 \cdot \left(\frac{S_0 + S_e + S_r}{S_0 + S_e} \right)^k, \text{ кг/см}^2 \quad (7.21)$$

де P_6 – тиск повітря в т.6, кг/см^2 ;

P_5 – тиск повітря в т.5, кг/см^2 ;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_e – шлях наповнення, см;

S_r – шлях розширення, см;

k – показник адіабати, $k = 1,41$.

Підставивши значення у формулу (7.21) отримаємо:

$$P_6 = 1,1 \cdot \left(\frac{5,0 + 2,5 + 1,0}{5,0 + 2,5} \right)^{1,41} = 1,31 \text{ кг/см}^2.$$

Значення на яке опускається поршень в т.6 відповідає значенню в т.2:

$$S_6 = S_2 = 7,5 \text{ см.}$$

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.7.2 Визначаємо питому енергію удару

Питому енергію удару визначаємо по наступній формулі:

$$e = F_{\text{лів}} - F_{\text{прав}}, \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2 \quad (7.22)$$

де e – питома енергія удару, $\text{кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2$;

$F_{\text{лів}}$ – площа, еквівалентна ділянці 456афс на індикаторній діаграмі (рис. 7.2), враховуючи масштаб діаграми

$$\frac{425}{10 \cdot 10} = 4,5$$

см^2 ;

$F_{\text{прав}}$ – площ, еквівалентна ділянці 1аb на індикаторній діаграмі (рис. 7.2), враховуючи масштаб діаграми

$$\frac{105}{10 \cdot 10} = 1,05 \text{ см}^2$$

Підставивши значення у формулу (9.22) отримаємо:

$$e = 4,5 - 1,05 = 3,45 \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2$$

Визначаємо питому енергію удару на 1 кг падаючих частин машини по наступній формулі:

$$e_0 = \frac{e \cdot F}{Q}, \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{кг} \quad (7.23)$$

де e_0 – питома енергія удару на 1 кг падаючих частин машини, $\text{кг} \cdot \text{см} / \text{кг}$;

e – питома енергія удару, $\text{кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2$;

F – площа поршня, см^2 ;

Q – загальна вантажопід'ємність струшувального механізму, кг.

Підставивши значення у формулу (9.23) отримаємо:

$$e_0 = \frac{3,45 \cdot 1000}{3582} = 1 \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{кг}.$$

7.7.3 Визначаємо питому енергію відбиття

Питому енергію відбиття визначаємо по наступній формулі:

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$e' = f_{\text{лів}} - f_{\text{прав}}, \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2 \quad (7.24)$$

де e' - питома енергія відбиття, $\text{кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2$;

$f_{\text{лів}}$ – площа, еквівалентна ділянці cdef4 на індикаторній діаграмі (рис. 9.2), враховуючи масштаб діаграми $\frac{225}{10 \cdot 10} = 2,25$

$f_{\text{прав}}$ – площа, еквівалентна ділянці 123d на індикаторній діаграмі (рис. 4.2), враховуючи масштаб діаграми $\frac{175}{10 \cdot 10} = 1,75 \text{ см}^2$.

Підставивши значення у формулу (4.24) отримаємо:

$$e' = 1,85 - 2,75 = 0,65 \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2$$

Визначаємо питому енергію відбиття на 1 кг падаючих частин по наступній формулі:

$$e'_0 = \frac{e' \cdot F}{Q}, \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{кг} \quad (7.25)$$

де e'_0 – питома енергія відбиття на 1 кг падаючих частин, $\text{кг} \cdot \text{см} / \text{кг}$;

e' – питома енергія відбиття, $\text{кг} \cdot \text{см} / \text{см}^2$;

F – площа поршня, см^2 ;

Q – загальна вантажопід'ємність струшувального механізму, кг;

Підставивши значення у формулу (9.25) отримаємо:

$$e'_0 = \frac{0,65 \cdot 1000}{3582} = 0,2 \text{ кг} \cdot \text{см} / \text{кг}.$$

9.7.4 Визначаємо відношення енергії відображення до енергії удару.

Відношення енергії відображення до енергії удару визначаємо по наступній формулі:

$$n = \frac{e'}{e} \cdot 100\%, \quad (7.26)$$

де n – відношення енергії відображення до енергії удару, %;

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

e^f – питома енергія відбиття, кг·см/см²;

e_0^f – питома енергія відбиття на 1 кг падаючих частин, кг·см/кг;

Підставивши значення у формулу (9.26) отримаємо:

$$n = \frac{0,65}{3,45} \cdot 100\% = 19 \%$$

9.7.5 Визначаємо коефіцієнт, який враховує частку використання потенційної енергії струшувального стола при падінні

Коефіцієнт, який враховує частку використання потенційної енергії струшувального стола при падінні, визначаємо по наступній формулі:

$$\eta = \frac{e_0}{S}, \quad (7.27)$$

де η – коефіцієнт, який враховує частку використання потенційної енергії струшувального стола при падінні;

e_0 – питома енергія удару на 1 кг падаючих частин машини, кг·см/кг;

S – висота підйому поршня, см;

Підставивши значення у формулу (9.27) отримаємо:

$$\eta = \frac{1}{5,0} = 0,02$$

9.7.6 Визначаємо витрати стисненого повітря на 1 удар стола

Витрати стисненого повітря на 1 удар стола визначаємо по наступній формулі:

$$V_B = F(S_0 + S_g + S_r) \cdot (P_3 - P_5), \text{ м}^3 \quad (7.28)$$

де V_B – витрати стисненого повітря на 1 удар стола, м³;

F – площа поршня, см²;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_g – шлях наповнення, см;

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

S_r – шлях розширення, см;

P_3 – тиск повітря в т.3, кг/см²;

P_5 – тиск повітря в т.5, кг/см²;

Підставивши значення у формулу (9.28) отримаємо:

$$V_B = 1074,6(5,0 + 2,5 + 1,0) \cdot (5 - 1,1) \cdot 10^{-6} = 0,04 \text{ м}^3.$$

9.7.7 Визначаємо продуктивність 1 кубічного дециметра повітря

Продуктивність 1 кубічного дециметра повітря визначаємо по наступній формулі:

$$e_v = \frac{e \cdot F}{V_B}, \text{ Дж/см}^3 \quad (7.29)$$

де e_v – продуктивність 1 кубічного дециметра повітря, Дж/дм³;

e – питома енергія удару, кг·см/см²;

F – площа поршня, м²;

V_B – витрати стисненого повітря на 1 удар стола, м³;

Підставивши значення у формулу (9.29) отримаємо:

$$e_v = \frac{3,45 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{0,04} = 206,5 \cdot 10^2 \text{ Дж/дм}^3.$$

Змінюючи висоту підйому розраховуємо ще 2 варіанти індикаторної діаграми: S=4,0 см; S = 6,0 см.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.8 Визначаємо параметри індикаторної діаграми при висоті підйому 40 мм (рис 7.3), аналогічно пункту 7.7

$$P_1 = 1 + \frac{3076,5 + 615,3}{1000} = 4,7 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2};$$

$$S_1 = 4,0 \text{ см};$$

$$P_2 = 4,7 + 1 = 5,7 \text{ кг/см}^2;$$

$$S_g = 0,5 \cdot 4,0 = 2,0 \text{ см};$$

$$S_2 = 4,0 + 2,0 = 6 \text{ см};$$

$$S_r = 0,4 \cdot 2,0 = 0,8 \text{ см};$$

$$S_3 = 4 + 2 + 0,8 = 6,8 \text{ см};$$

$$P_3 = 5,7 \cdot \left(\frac{4,0 + 2,0}{4,0 + 2,0 + 0,8} \right)^{1,41} = 4,77 \text{ кг/см}^2;$$

$$P_4 = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ кг/см}^2$$

$$S_4 = 4,0 + 4,0 = 8 \text{ см};$$

$$P_5 = 1 + 0,1 = 1,1 \text{ кг/см}^2;$$

$$S_5 = S_3 = 6,8 \text{ см};$$

$$P_6 = 1,1 \cdot \left(\frac{4,0 + 2,0 + 0,8}{4,0 + 2,0} \right)^{1,41} = 1,31 \text{ кг/см}^2;$$

$$S_6 = S_2 = 6 \text{ см};$$

$$e = 5,38 - 0,5 = 4,88 \text{ кг} \cdot \text{см/см}^2;$$

$$e_0 = \frac{4,88 \cdot 1000}{3076,5} = 1,58 \text{ кг} \cdot \text{см/кг};$$

$$e' = 2 - 1,25 = 0,75 \text{ кг} \cdot \text{см/см}^2;$$

$$e'_0 = \frac{0,75 \cdot 1000}{3076,5} = 0,24 \text{ кг} \cdot \text{см/кг};$$

$$n = \frac{0,75}{4,88} \cdot 100\% = 15,4\%;$$

$$\eta = \frac{1,58}{4,0} = 0,4;$$

$$V_B = 1000(4,0 + 2,0 + 0,8) \cdot (4,77 - 1,1) \cdot 10^{-6} = 0,025 \text{ м}^3;$$

$$e_v = \frac{4,88 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{0,025} = 195,2 \cdot 10^2 \text{ Дж/дм}^3$$

					ФЛ71МП.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.9 Визначаємо параметри індикаторної діаграми при висоті підйому 60 мм (рис. 7.4), аналогічно пункту 7.7

$$P_1 = 1 + \frac{3076,5 + 615,3}{1000} = 4,7 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2};$$

$$S_1 = 6,0 \text{ см};$$

$$P_2 = 4,7 + 1 = 5,7 \text{ кг/см}^2;$$

$$S_e = 0,5 \cdot 6,0 = 3 \text{ см};$$

$$S_2 = 6 + 3 = 9 \text{ см};$$

$$S_r = 0,4 \cdot 3 = 1,2 \text{ см};$$

$$S_3 = 6 + 3 + 1,2 = 10,2 \text{ см};$$

$$P_3 = 5,7 \cdot \left(\frac{6,0 + 3,0}{6,0 + 3,0 + 1,2} \right)^{1,41} = 4,77 \text{ кг/см}^2;$$

$$P_4 = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ кг/см}^2$$

$$S_4 = 6,0 + 6,0 = 12 \text{ см};$$

$$P_5 = 1 + 0,1 = 1,1 \text{ кг/см}^2;$$

$$S_5 = S_3 = 10,2 \text{ см};$$

$$P_6 = 1,1 \cdot \left(\frac{6,0 + 3 + 1,2}{6,0 + 3} \right)^{1,41} = 1,31 \text{ кг/см}^2;$$

$$S_6 = S_2 = 9 \text{ см};$$

$$e = 9,1 - 0,63 = 8,47 \text{ кг} \cdot \text{см/см}^2;$$

$$e_0 = \frac{8,47 \cdot 1000}{3076,5} = 2,75 \text{ кг} \cdot \text{см/кг};$$

$$e' = 2,62 - 1,75 = 0,87 \text{ кг} \cdot \text{см/см}^2;$$

$$e'_0 = \frac{0,87 \cdot 1000}{3076,5} = 0,28 \text{ кг} \cdot \text{см/кг};$$

$$n = \frac{0,87}{8,47} \cdot 100\% = 10,3 \%;$$

$$\eta = \frac{2,75}{6,0} = 0,46;$$

$$V_B = 1000(6,0 + 3,0 + 1,2) \cdot (4,77 - 1,1) \cdot 10^{-6} = 0,037 \text{ м}^3;$$

$$e_v = \frac{8,47 \cdot 10^3 \cdot 0,1}{0,037} = 229 \cdot 10^2 \text{ Дж/дм}^3.$$

Після проведення розрахунків всі результати заносимо в таблицю.

					ФЛ71МП.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 – Підсумок результатів розрахунків

№ п/п	S, см	S ₀ , см	S _е , см	S _г , см	P ₁ , кг/см ²	F, см ²	e, $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}$	e', $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}$	V _B , м ³	e _v , Дж/дм ³	η	Примітка
1	5,0	5,0	2,5	1	4,7	1000	7,3	0,5	0,032	136,6*10 ²	0,02	
2	4,0	4,0	2,0	0,8	4,7	1000	4,88	0,75	0,025	195,2*10 ²	0,25	
3	6,0	6,0	3,0	1,2	4,7	1000	8,47	0,87	0,037	229,0*10 ²	0,13	Оптим.

Порівнюючи значення e, e_v, та η обираємо оптимальний варіант підйому струшувального стола. Для даної роботи струшувального стола оптимальним є другий варіант (S=4,0 см). Тому що в ньому найменша питома енергія удару, оптимальна продуктивність 1 дециметра повітря та найменший коефіцієнт, який враховує частку використання потенційної енергії струшувального стола при падінні.

7.10 Визначаємо площу перетину впускного та випускного отворів

7.10.1 Визначаємо кількість повітря яке проходить в циліндр через впускний отвір

Визначаємо кількість повітря яке проходить в циліндр через впускний отвір по наступній формулі:

$$V_{1-2} = V_{\kappa} - V_{\Pi}, \text{ м}^3 \quad (7.30)$$

де V_{1-2} – кількість повітря яке проходить в циліндр через впускний отвір, м³;

V_{κ} – кінцева кількість повітря в струшувальному циліндрі, м³;

V_{Π} – початкова кількість повітря в струшувальному циліндрі, м³.

					ФЛ71мп.7103.1110.000		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

7.10.2 Визначаємо початкову кількість повітря в струшувальному циліндрі.

Визначаємо початкову кількість повітря в струшувальному циліндрі по наступній формулі:

$$V_{\pi} = F \cdot S_0 \cdot \frac{P_1}{p_0}, \text{ см}^3 \quad (7.31)$$

де V_{π} – початкова кількість повітря в струшувальному циліндрі, см^3 ;

F – площа поршня, см^2 ;

S_0 – висота шкідливого простору, см ;

P_1 – тиск повітря в т.1, $\text{кг}/\text{см}^2$;

p_0 – тиск повітря в мережі, $\text{кг}/\text{см}^2$.

Підставивши значення у формулу (9.31) отримаємо:

$$V_{\pi} = 1000 \cdot 4,0 \cdot \frac{4,7}{5} = 3760 \text{ см}^3$$

7.10.3 Визначаємо кінцеву кількість повітря в струшувальному циліндрі

Визначаємо кінцеву кількість повітря в струшувальному циліндрі по наступній формулі:

$$V_{\kappa} = F \cdot (S_0 + S_{\text{г}}) \cdot \frac{P_2}{p_0}, \text{ см}^3 \quad (7.32)$$

де V_{κ} – кінцева кількість повітря в струшувальному циліндрі, см^3 ;

F – площа поршня, см^2 ;

S_0 – висота шкідливого простору, см ;

$S_{\text{г}}$ – шлях наповнення, см ;

P_2 – тиск повітря в т.2, $\text{кг}/\text{см}^2$;

p_0 – тиск повітря в мережі, $\text{кг}/\text{см}^2$.

Підставивши значення у формулу (7.32) отримаємо:

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_K = 1000 \cdot (4,0 + 2,0) \cdot \frac{5,7}{5} = 6840 \text{ см}^3.$$

Підставивши значення у формулу (9.30) отримаємо:

$$V_{1-2} = 6840 - 3760 = 3080 \text{ см}^3 = 0,003080 \text{ м}^3.$$

7.10.4 Визначаємо площу перетину впускного отвору

Визначаємо перетин впускного отвору по наступній формулі:

$$f_{\text{вп}} = \frac{V_{1-2}}{C_{\text{вп}} \cdot t_{\text{вп}}}, \text{ см}^2 \quad (7.33)$$

де $f_{\text{вп}}$ – площа перетину впускного отвору, см^2 ;

V_{1-2} – кількість повітря яке проходить в циліндр на шляху 1-2, м^3 ;

$C_{\text{вп}}$ – швидкість повітря, м/с . Відповідно рекомендаціям [1] швидкість повітря, яке проходить через отвір, складає $C_{\text{вп}}=15\ldots 25 \text{ м/с}$.
Приймаємо $C_{\text{вп}} = 20 \text{ м/с}$.

$t_{\text{вп}}$ – час впуску повітря, с . По рекомендаціям [1] $t_{\text{вп}}=0,2\ldots 1,0 \text{ с}$.
Приймаємо $t_{\text{вп}}=0,7 \text{ с}$.

Підставивши значення у формулу (9.33) отримаємо:

$$f_{\text{вп}} = \frac{0,003080}{20 \cdot 0,7} = 0,00022 \text{ м}^2 = 2,2 \text{ см}^2.$$

З урахуванням забруднення впускного отвору, його площа збільшується на 10-20%.

$$f'_{\text{вп}} = (1,1 \ldots 1,2) \cdot f_{\text{вп}}, \text{ см}^2 \quad (7.34)$$

де $f'_{\text{вп}}$ – перетин впускного отвору з урахуванням забруднення, см^2 ;

$f_{\text{вп}}$ – перетин впускного отвору, см^2 .

Підставивши значення у формулу (9.34) отримаємо:

$$f'_{\text{вп}} = 1,2 \cdot 2,2 = 2,64 \text{ см}^2.$$

7.10.5 Визначаємо діаметр впускного отвору

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо діаметр впускного отвору по наступній формулі:

$$D_{\text{вп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f'_{\text{вп}}}{\pi}}, \text{ мм} \quad (7.35)$$

де $D_{\text{вп}}$ – діаметр впускного отвору, мм;

$f'_{\text{вп}}$ – перетин впускного отвору з урахуванням забруднення, см^2 .

Підставивши значення у формулу (7.35) отримаємо:

$$D_{\text{вп}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,64}{3,14}} = 1,8 \text{ см} = 18 \text{ мм.}$$

4.10.6 Визначаємо площу перетину вихлопного отвору

Визначаємо площу перетину вихлопного отвору по наступній формулі:

$$f_{\text{вих}} = 3 \cdot f'_{\text{вп}}, \text{ см}^2 \quad (7.36)$$

де $f_{\text{вих}}$ – площа перетину вихлопного отвору, см^2 ;

$f'_{\text{вп}}$ – перетин впускного отвору з урахуванням забруднення, см^2 .

Підставивши значення у формулу (9.36) отримаємо:

$$f_{\text{вих}} = 3 \cdot 2,64 = 7,92 \text{ см}^2.$$

9.10.7 Визначаємо діаметр вихлопного отвору

Визначаємо діаметр вихлопного отвору по наступній формулі:

$$D_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{вих}}}{\pi}}, \text{ мм} \quad (7.37)$$

де $D_{\text{вих}}$ – діаметр вихлопного отвору, мм;

$f_{\text{вих}}$ – площа перетину вихлопного отвору, см^2 .

Підставивши значення у формулу (7.37) отримаємо:

$$D_{\text{вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,92}{3,14}} = 3,2 \text{ см} = 32 \text{ мм.}$$

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.11 Розрахунок поршня на міцність в небезпечному перетині.

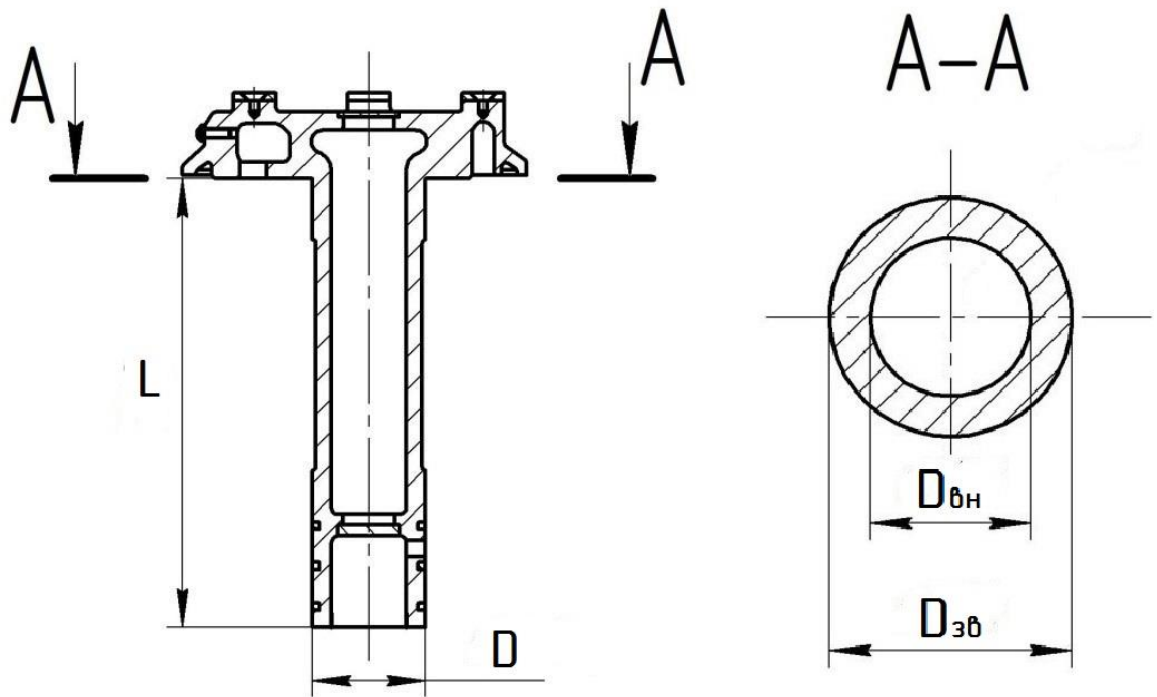


Рис. 7.4 Небезпечний перетин поршня

Розрахунок поршня на міцність в небезпечному перетині виконується за наступною формулою:

$$\sigma_{max} = 2 * \sqrt{\frac{E}{F_{aa} * L} * G_n * e_0}, \text{ кг/см}^2 \quad (7.38)$$

де σ_{max} – максимальне напруження в небезпечному перетині, кг/см²;

E – модуль пружності матеріалу. За рекомендаціями приймаємо

$$E = 2,2 * 10^6 \text{ кг/см}^2;$$

G_n – маса частини поршня нижче небезпечного перетину, кг.

Маса частини поршня нижче небезпечного перерізу визначається по формулі:

$$G_n = \rho * V_n, \text{ кг} \quad (7.39)$$

де G_n – маса частини поршня нижче небезпечного перетину, кг;

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ρ – щільність матеріалу, кг/см³. Щільність матеріалу по рекомендації [] приймаємо: $\rho = 0,0078$ кг/см³;

V_n – Об'єм поршня нижче небезпечного перетину, см³.

Об'єм поршня нижче небезпечного параметра визначається по формулі

$$V_n = F_{AA} \cdot L, \text{ см}^3 \quad (7.40)$$

де V_n – Об'єм поршня нижче небезпечного перетину, см³;

F_{AA} – площа небезпечного перетину, см².

Площа небезпечного перерізу знаходиться по формулі:

$$F_{AA} = \frac{\pi \cdot (D_{зв}^2 - D_{вн}^2)}{4}, \text{ см}^2 \quad (7.41)$$

де F_{AA} – площа небезпечного перетину, см²;

$D_{зв}$ – зовнішній діаметр поршня, см;

$D_{вн}$ – внутрішній діаметр поршня, см;

Підставивши дані у формулу (3.41), отримуємо:

$$F_{AA} = \frac{3,14 \cdot (360^2 - 320^2)}{4} = 21163 \text{ мм}^2 = 211,63 \text{ см}^2$$

L – довжина поршня, см. За рекомендаціями зазвичай

$$L = (1,5 \dots 2,0) \cdot D, \text{ см.}$$

де D – діаметр струшувального поршня, м;

Приймаємо $L = 2,0 \cdot D$;

Підставивши дані у формулу (7.40), отримуємо:

$$V_n = 211,63 \cdot 2 \cdot 36 = 15110 \text{ см}^3$$

Підставляємо отримані дані у формулу (9.39):

$$G_n = 0,0078 \cdot 15110 = 118 \text{ кг}$$

e_0 – енергія удара, яка проходить на 1 кг падаючих частин кг*см/кг;

F_{AA} – площа небезпечного перерізу, см²;

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

L – довжина поршня, см;

Підставляємо дані у формулу (9.38) та отримуємо:

$$\sigma_{max} = 2 * \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^6}{211,63 \cdot 2,0 \cdot 35,7}} \cdot 118 * 1,58 = 3,8 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$$

Допустиме напруження для сталі $[\sigma] = (3,5 \dots 6,0) \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2$

Висновок: максимальне напруження на небезпечному перетині співпадає з допустимим напруження для сталі.

					ФЛ71мп.7103.1110.000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ФЛ71мп.7103.1110.000							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.	Дегерменджи А.В.				ДОДАТКИ				Літера	Аркуш	Аркушів	
Перев.												
Т.контр.	Сиропоршнев								НТУУ «КПІ ім. І.Сікорського», ІФФ			
Затверд.												